



UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA AUTOMAÇÃO E SISTEMAS

**MONTAGEM DE UMA ESTUFA PARA CONTROLAR VARIÁVEIS
IMPORTANTES NA PLANTAÇÃO DE VEGETAIS ATRAVÉS DO
MICRONCONTROLADOR ARDUINO**

GABRIEL DIB CAMARGO

GABRIEL GIROLDO CANDEIAS

WESLEI VENTURA

CAMPINAS – SP
2015



UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA AUTOMAÇÃO E SISTEMAS

**MONTAGEM DE UMA ESTUFA PARA CONTROLAR VARIÁVEIS
IMPORTANTES NA PLANTAÇÃO DE VEGETAIS ATRAVÉS DO
MICRONCONTROLADO ARDUINO**

GABRIEL DIB CAMARGO

GABRIEL GIROLDO CANDEIAS

WESLEI VENTIRA

Orientador: Mario Monteiro

CAMPINAS – SP
2015



UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA AUTOMAÇÃO E SISTEMAS

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

**MONTAGEM DE UMA ESTUFA PARA CONTROLAR VARIÁVEIS
IMPORTANTES NA PLANTAÇÃO DE VEGETAIS ATRAVÉS DO
MICRONCONTROLADOR ARDUINO**

Gabriel Dib Camargo, Gabriel Giroldo Candeias e Weslei Ventura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora do curso de Engenharia Mecânica, no dia 09 de Dezembro de 2015, como parte dos requisitos necessários a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Banca examinadora composta por:

Professor: Mario Monteiro

William Mariano

Osmar Bagnato

CAMPINAS – SP
2015

AGRADECIMENTOS

É com profunda gratidão e com muita alegria que deixo aqui consignados nossos agradecimentos a todos que me prestaram valioso apoio durante todo o curso.

Primeiramente, aos nossos pais, que foram parte muito importante e facilitadora para que fosse viável cursarmos Engenharia.

Aos professores, que muitas vezes lidaram com paciência, técnica e destreza, para entreter e ensinar todos os alunos, que muitas vezes se encontravam com interesses extra classe, fazendo com que a aula não se tornasse ainda mais pesada do que o conteúdo por si só propõe.

Aos amigos, que mostraram interesse, e entenderam que muitas vezes precisamos passar a noite ou final de semana elaborando o projeto, sem que pudéssemos dar a atenção tão merecida.

Também ao Sr. Poloni que cedeu o espaço e ferramentas em sua oficina para fabricação da estufa.

Camargo, Gabriel Dib, Candeias, Gabriel Giroldo e Weslei Ventura, **MONTAGEM DE UMA ESTUFA PARA CONTROLAR VARIÁVEIS IMPORTANTES NA PLANTACÃO DE VEGETAIS ATRAVÉS DE ARDUINO**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica – Automação e Sistemas, Campinas – SP, Brasil. – Novembro de 2015, Orientador Mario Monteiro.

Resumo

O cultivo de hortaliças e vegetais requerem exigências climáticas que são atendidas pelo meio ambiente. Diferentes espécies exigem diferentes condições climáticas, tornando o ambiente de cada localidade adequado para diferentes espécies de hortaliças e vegetais. As variáveis climáticas também influenciam no processo de desenvolvimento e qualidade da planta. Seguindo essa linha de pensamento, a localidade que atender diversas exigências climáticas torna-se favorável para o cultivo de uma gama maior de plantas. Regularmente, estufas são utilizadas para proporcionar o ambiente benéfico para o plantio de espécies específicas de plantas, trazendo benefícios como maior produção e qualidade do produto final por possibilitar o controle das variáveis climáticas e em ambiente livre de fatores externos que podem ser prejudiciais ao desenvolvimento, qualidade e produtividade.

Este trabalho tem o objetivo de projetar e montar uma estufa com controle de variáveis comuns para o desenvolvimento de hortaliças e vegetais. O projeto contará com o controle de temperatura, umidade e iluminação artificial, por meio de um microcontrolador.

Camargo, Gabriel Dib e Candeias, Gabriel Giroldo, Ventura, Weslei **ASSEMBLY A GREENHOUSE TO CONTROL VARIABLE IMPORTANT IN PLANTING VEGETABLES BY ARDUINO**. Completion of course work in Mechanical Engineering - Automation and Systems, Campinas - SP, Brazil. - November 2015, Guidance Mario Monteiro

Abstract

The vegetable cultivation requires a climate conditions are met for the environment. Different species require different weather conditions, making the environment at a suitable location for different kinds of fruits and vegetables. The climatic conditions also influence the growth process and plant quality. Following this topic, the location that meets various climate demands becomes favorable for growing a wider range of plants. Regularly, greenhouses are used to provide a beneficial environment for the cultivation of specific plant species, bringing benefits such as higher yields and final product quality by enabling the control of climate variables and environment free of external factors that can be harmful to the development, quality and productivity.

This work was carried out to project and mounting a device called greenhouse in order to tracking important variables for the plants development. In order to achieve this purpose, we adopted a study of potential elements for the device. This project has a temperature control, humidity, artificial lights. These features are managed by microcontroller.

Lista de Figuras

FIGURA 1: CROQUI DO DISPOSITIVO	19
FIGURA 2. DS18B20 NA CONFIGURAÇÃO À PROVA D'ÁGUA	22
FIGURA 3. ESQUEMA DE LIGAÇÃO 1-WIRE	23
FIGURA 4. ESQUEMA DE VÁRIOS SENSORES, LIGAÇÃO NORMAL.....	24
FIGURA 5. ESQUEMA DE VÁRIOS SENSORES, LIGAÇÃO PARASITA.....	24
FIGURA 6. MÓDULO SENSOR DE UMIDADE DO SOLO LM393.....	26
FIGURA 7. PLACA ARDUINO	27
FIGURA 8. ARQUITETURA DO HARDWARE DO ARDUINO.....	28
FIGURA 9. MODO PWM.....	31
FIGURA 10. ARDUINO MEGA.....	32
FIGURA 11. ESTRUTURA METÁLICA DA ESTUFA.....	33
FIGURA 12. ARDUINO ACOPLADO AO CIRCUITO IMPRESSO.....	34
FIGURA 13. LCD INSTALADO	35
FIGURA 14. BOMBA D'ÁGUA LIGADA AO ASPERSOR	36
FIGURA 15. GRAFICO DE EVOLUÇÃO DE TEMPERATURA	37
FIGURA 16: CIRCUITO IMPRESSO	39
FIGURA 17. COOLER	40
FIGURA 18. RECIPIENTE PARA PLANTIO	41
FIGURA 19: FLUXOGRAMA DE DECISÕES.....	41
FIGURA 20. EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA DA ESTUFA APÓS ACIONAMENTO DO COOLER.	46

Lista de Tabelas

TABELA 1. TENSÃO DOS LEDS	29
TABELA 2. COMPARATIVO ENTRE LÂMPADAS	38

LISTA DE SIGLAS

PLANAPO	Plano Nacional de AgroEcologia e Produção Orgânica
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
NGMA	National Greenhouse Manufacturers Association
CO2	Dióxido de Carbono
IP65	International Protection Marking
NEMA4	National Electrical Manufacturers Association
NTC	Negative Temperature Coefficient
PTC	Positive Temperature Coefficient
mV	Milivolts
V	Volts
mA	Miliampere
°C	Graus Celsius
μA	Microampere
PWM	Pulse-Width Modulation
LCD	Liquid-Crystal Display
PVC	Poly Vinyl Chloride
RAM	Random Access Memory
Kb	Kilobyte
Led	Light-Emitting Diode
CPU	Central Processing Unit

ÍNDICE

1.1	Problema	14
1.2	Hipótese	14
1.3	Objetivos Gerais	14
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Estufas	17
2.2	Agricultura Orgânica	18
2.3	Croqui do Dispositivo	19
2.4	Sensores de Temperatura	19
2.4.1	Sensores Eletrônicos	20
2.4.2.	Sensor de precisão de temperatura em graus célsius LM35	20
2.4.2.1	- Aplicações Usuais do Sensor Lm35	21
2.4.3	Sensor de temperatura Ds18b20	21
2.4.4	Esquema de ligação 1-Wire no Arduino:	23
2.5	Sensor de Umidade do Solo.	25
2.5.2	Sensor Umidade do solo LM393	26
2.6	Arduino	26
2.6.1	Características	27
2.6.2	Hardware	27
2.6.4	Fonte de alimentação	28
2.6.5	Núcleo CPU	29
2.6.6	Utilizações do Arduino	29
2.6.7	Protoboard	29
2.6.8	Tipos de Arduino	30
2.6.9	Arduino Mega 2560	30
3.	MATERIAIS E MÉTODOS:	32
3.1	Montagem Física	32
3.2	Arduino	34
3.3	LCD	35
3.4	Sensores	35

3.4.1 Sensor de Temperatura	35
3.4.2 Sensor de Umidade do Solo	36
3.5 Bomba D'água.....	36
3.6 Iluminação	37
3.6 Circuito impresso.....	38
3.7 Reservatório de água.....	39
3.8 Ventoinha	40
3.9 Recipiente para plantio	40
3.10 Lógica de programação:	41
4. RESULTADOS	45
4.1. Hardware	45
4.2. Controle de Temperatura	46
4.3. Controle de Umidade	46
4.4. Controle de Iluminação.	47
5. CONCLUSÃO	47

1. INTRODUÇÃO

Com uma parcela da população procurando controlar o consumo alimentar, evitando, por exemplo, alimentos processados, misturas industrializadas e refeições prontas, cria-se uma oportunidade de produção de alimentos orgânicos, assim como, abre-se espaço para um mercado que possa suprir a demanda por estes tipos de alimentos. O cenário nacional mostra uma porção pequena de produtores, cooperativas e associações de produtos orgânicos, já que o Cadastro Nacional de Produtores tem atualmente por volta de 10 mil registros, segundo o Ministério da Agricultura, que sustenta a crescente demanda por produtos orgânicos. Procurando corresponder a essa demanda evidente dos produtos orgânicos, e também reconhecendo o baixo número de produtores, o governo federal lançou em 2013 o PLANAPO (Plano Nacional de Agro-Ecologia e Produção Orgânica), que tem como objetivo articular e implementar, programas e ações indutoras da transição agroecológica, da produção orgânica e de base agroecológica, como contribuição para o desenvolvimento sustentável, possibilitando à população a melhoria de qualidade de vida, por meio da oferta e consumo de alimentos saudáveis e do uso sustentável dos recursos naturais. Uma parte do orçamento é direcionada a créditos de custeio e investimentos no PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), que tem como um dos objetivos, o apoio financeiro para ampliação e modernização das estruturas de produção. Dentre estas estruturas podem-se citar as estufas de produção agrícola.

A ideia do cultivo de plantas em ambientes restritos vem de muito tempo. Registros indicam que Tiberius, imperador romano, apreciava e desejava que todos os dias, tivesse disponível em sua alimentação, um vegetal parecido com o pepino. Para tal, ele era cultivado em cima de um dispositivo que continha rodas, assim facilitando a movimentação das plantas para fora e dentro do local de estocagem, podendo receber luz solar durante um período e retornando para o local de estocagem, para que fossem mantidos a temperatura estável durante a noite. Registros afirmam que a primeira estufa considerada moderna, surgiu na Itália no século XIII, para o cultivo de plantas exóticas proveniente da zona dos trópicos.

O conceito de que em uma estufa permite o controle de algumas variáveis de seu ambiente interno evoluiu grandiosamente durante os anos e incluiu diversos benefícios para o valor do uso da estufa. A restrição do ambiente onde o plantio é realizado permite o controle

de variáveis, como, temperatura, umidade do ar e do solo, irrigação, aspersão de fertilizantes e níveis de luminosidade. Os benefícios da utilização das estufas são grandiosos, reduzindo prováveis doenças que comprometem a qualidade e quantidade dos produtos finais bem como a otimização dos recursos utilizados no plantio, como água e insumos. Um projeto bem estruturado e realizado pode retornar níveis de produção maiores e menor níveis de recursos utilizados, um ótimo resultado para os agricultores.

Em tempos em que a tecnologia envolve o ser humano e participa cada vez mais de seu cotidiano, percebe-se cada vez mais a tendência em que as operações são automatizadas, por simples motivos como segurança, complexidade, produtividade entre outros. A evolução dos microprocessadores colaborou para a popularização do ato de automatizar. Desde 1971, com o primeiro microcontrolador, o Intel 4004 de 4 bits, até os tempos modernos, é perceptível a evolução colossal dos microcontroladores, principalmente o aspecto funcional e acessibilidade. O gigantesco volume de produção, tornou os projetos viáveis e acessíveis aos diversos níveis de classes sociais. Não bastando a acessibilidade a evolução da interface homem - máquina, simplificou o uso e facilitou a proliferação dos mesmos.

Nos dias de hoje, uma das plataformas consideradas mais intuitivas, simples e acessível é a plataforma Arduino. Como a própria companhia define (Arduino.cc-2014), “Arduino é uma ferramenta que faz computadores que podem controlar mais do mundo físico que o seu computador normal”. O equipamento consiste em periféricos - como entradas digitais, entradas analógicas, entradas de comunicação, entradas de alimentação, saídas, entre outras, montados ao redor de um microcontrolador, padronizando e facilitando a programação do equipamento. A programação é baseada em linguagem C ou C++ já conhecida desde meados da década de 60, tendo uma peculiaridade que é a simplificação de algumas funções escritas. A plataforma Arduino é utilizada em uma vasta variedade de projetos, nas áreas como telefonia, energia renovável, robótica, instrumentos eletrônicos, automotivo e até mesmo na agricultura. Por ser uma plataforma de código aberto (open source), a disseminação do conceito aconteceu em sua maior parte pela internet, inclusive encontram-se diversos projetos na web, que vão desde projetos simples, como primários relógios, a projetos complexos como, por exemplo, automatização de uma estufa agrícola.

1.1 Problema

Cada tipo de vegetal necessita de um ambiente específico para o seu desenvolvimento. Temperatura, luz e umidade são elementos climáticos dominantes e que regem o crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

Como na maioria dos segmentos, na agricultura esforços se concentram no aumento de qualidade, redução dos custos das operações não deixando de cumprir prazos. Produtores de larga escala operam com quantidades enormes de vegetais e necessitam empenhar-se ainda mais para alcançar o sucesso. Este cenário leva a implantação de diversos métodos para o avanço acelerado dos padrões de cultivo de vegetais. O cultivo protegido oferece benefício para o agricultor, uma vez que combina uso inteligente dos recursos disponíveis visando maior retorno conforme afirma JASCINTO CARLOS ASCENCIO CANSADO, em seu trabalho de mestrado. O cultivo protegido proporciona capacidade de comportar sistemas para controle de tais variáveis a fim de proporcionar o clima necessário para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais de forma otimizada.

1.2 Hipótese

- Realizar a montagem de uma estufa.
- Integração dos sistemas periféricos ao Arduino Mega para controle das variáveis.
- Desenvolvimento da lógica de programação para controle autônomo.
- Criação de interface para monitoramento das variáveis.

1.3 Objetivos Gerais

O objetivo geral do trabalho é realizar o controle climático em um ambiente de cultivo protegido, utilizando o Arduino Mega.

1.4 Objetivos Específicos

- Elaboração de um circuito auxiliar para associação dos periféricos;
- Controle da umidade do solo através de sensor e irrigador;
- Controle de luminosidade através de lâmpadas e temporizador;
- Controle da temperatura e ventilação através de sensor e ventoinha;
- Análise dos resultados com base no ambiente necessário para desenvolvimento de vegetais.

1.5 Justificativa

Este trabalho, pode ser justificado à partir do momento que é discutido os aspectos que envolvem o aprendizado acadêmico e também o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho em equipe. É importante ressaltar a maturidade adquirida por cada um dos componentes, no que diz respeito ao planejamento, trabalho em equipe e gerenciamento de conflitos existentes entre o trabalho idealizado e a execução do mesmo.

É válido mencionar que em pesquisa recente, realizada em 2014 pelo Ministério do desenvolvimento Agrário a produção de produtos orgânicos tem crescimento anual de 15% a 20%. Mesmo diante de um mercado tão promissor, os produtores enfrentam desafios diários para aumento da produtividade e conseqüentemente da oferta.

1.6 Procedimentos Metodológicos

Para a pesquisa bibliográfica, utilizou-se de recursos como livros, manuais, meios

eletrônicos, além de artigos disponibilizados por sites especializados.

Já no desenvolvimento apresenta-se o cruzamento entre as informações adquiridas ao longo do curso e pesquisas, com o resultado apresentado nos testes e adaptações que se fizeram necessárias para garantia do atendimento aos objetivos propostos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

A agricultura clássica é dependente do ambiente da localidade onde se encontra o cultivo. Este ambiente possui atributos como propriedades do solo, clima e água, temperatura, entre outros. Variações nas condições do meio ambiente influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento dos vegetais. A ideia de modesta independência em relação a condições climáticas ou cultivo protegido é antiga. SFASU (2002) afirma que o cultivo protegido aconteceu primeiro no Egito Antigo, China, Grécia e Itália com referência a datas antes de Cristo.

O conceito de cultivo protegido abrange um aglomerado de práticas e inovações utilizadas por quem cultiva, afim de proteger o local. Essas inovações acabam trazendo mais benefícios como a possibilidade de controlar o ambiente dentro da proteção. O controle das condições climáticas do ambiente está diretamente relacionado a qualidade do vegetal ali cultivado. De acordo com Teruel (2010), em seu artigo “Controle automatizado de casas de vegetação: Variáveis climáticas e fertigação” para a Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, o ponto de início para o projeto de uma estufa, deve ser o estudo preliminar, definindo-se as variáveis que interferem no processo e que devem ser medidas e/ou monitoradas. O NGMA - NATIONAL GREENHOUSE MANUFACTURERS ASSOCIATION reafirmou Lorenzo (2001) em 2007 as condições climáticas que devem ser controlados em uma estufa:

- Temperatura;
- Ventilação;
- Umidade relativa do ar;
- Iluminação;
- Concentração de CO₂
- Abastecimento de água;

- Irrigação;
- Tratamentos químicos;

Uma grande vantagem referente a cultivo com uso de estufas é de se permitir níveis elevados de concentração de dióxido de carbono próximo das plantas, o que favorece e aumenta o crescimento das plantas entre 20% e 30%.

Para controlar tais variáveis, diversos sensores devem ser utilizados. A empresa VAISALA (www.vaisala.com, 2014), companhia líder global em medições industriais e ambientais, publicou um artigo em que define quais os pontos a serem observados ao escolher um instrumento de medição, como:

- Necessidade de estabilidade em longo prazo e precisão;
- Nível mínimo de proteção do instrumento pelo IP65/NEMA4;
- Faixa de operação em alta umidade relativa;
- Tempo de resposta do sensor;
- Compatibilidade do sinal gerado pelo sensor com o sistema de controle;
- Possibilidade de desgaste das peças móveis pelo uso;
- Disponibilidade de peças sobressalentes;

2.1 Estufas

Casa de vegetação é definido por Reis e Makishima (2002) como uma estrutura feita com base em materiais diversos, entre eles madeira, concreto, alumínio. Cobertura com material incolor que permite o ingresso da luz, tornando o espaço favorável para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

Hoje em dia, é encontrada uma diversidade muito grande de atividades agrícolas e comerciais que dependem de estruturas com cobertura de plástico transparente - as chamadas “estufas”. A utilização de plástico beneficiou o avanço da utilização das estufas, uma vez que é um material mais barato se comparado com materiais como vidro, fibra de vidro, acrílico e policarbonato. Os plásticos tem abrangente utilização em estufas podendo ser utilizados como

filmes plásticos, telas e tubos de irrigação. Entre as atividades agrícolas que utilizam estufas, pode-se listar como as mais importantes sendo: cultivo protegido de oleícolas ornamentais, produção de mudas, hidroponia, secagem de grãos e comércio de plantas. Muitas vezes, o fator que limita o início ou a expansão dessas atividades é o alto custo das estufas, porém com a demanda crescente do mercado, a tendência é que esse custo seja drasticamente reduzido em função da alta procura e também do retorno à médio prazo. De acordo com Marco Antonio de Almeida Leal, autor do livro, Estufa de Baixo Custo de 2006, muitas estufas comerciais não são adaptadas às condições climáticas de regiões tropicais, devido à falta de investimento em pesquisa e desenvolvimento na área.

2.2 Agricultura Orgânica

A produção e o mercado de produtos da agricultura orgânica estão em constante crescimento no mundo como um todo. No Brasil, este mercado anda no mesmo sentido, com a vantagem de ter um potencial muito maior à ser explorado. Em 2006, havia 630 mil unidades certificadas no mundo, ocupando cerca de 30 mil hectares. O Brasil ocupava o 6º lugar em área cultivada, com 842 mil hectares e 15 mil unidades. Com a demanda pelos produtos orgânicos crescente em todo o mundo, com vendas no varejo estimadas em US\$ 33 bilhões em 2005 (WILLER; YUSSEFI, 2007) e em US\$ 46 bilhões em 2006, resultado dos esforços de diferentes agentes da cadeia, tanto pelo lado da oferta (diversidade de produtos, canais de comercialização, certificação) quanto da demanda (preocupação com a saúde, com a inocuidade dos alimentos, com a preocupação de proteção à natureza), e das políticas públicas estabelecidas. No Brasil, organizações públicas e privadas participam do desenvolvimento da agricultura orgânica desde os anos 80, por meio de projetos de C&T e de P&D e da elaboração de políticas públicas de âmbito local, nacional e internacional (FONSECA, 2009).

2.3 Croqui do Dispositivo

Na figura abaixo pode-se observar a localização dos componentes, sensores, e periféricos para funcionamento do dispositivo.

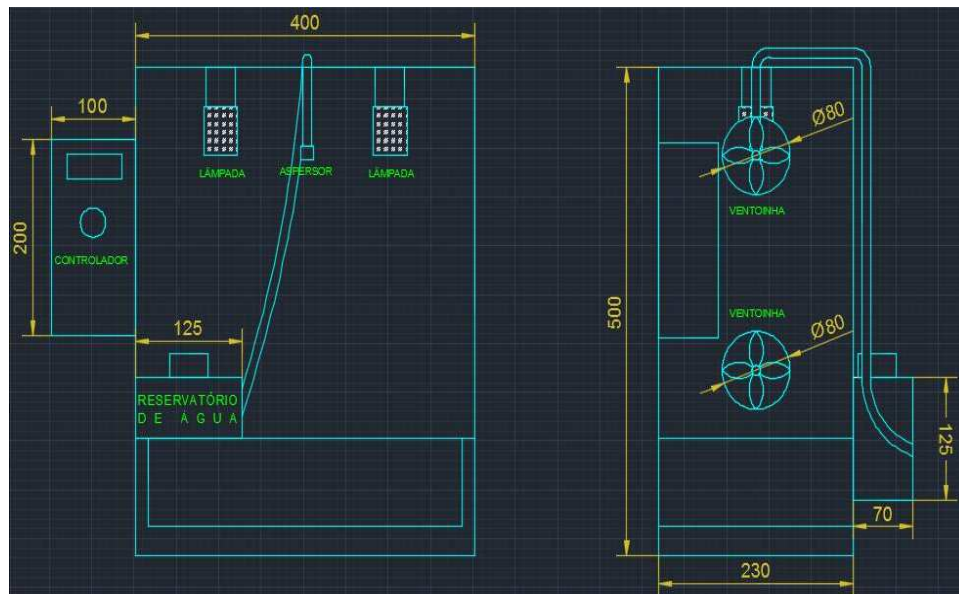


Figura 1: Croqui do Dispositivo

Fonte: Grupo de TCC

2.4 Sensores de Temperatura

Atualmente, o mercado possui diversos tipos de sensores de temperatura, Porém, estima-se que talvez nenhum seja de tão simples manuseio e exija tão poucos aparatos eletrônicos para que funcione quanto o modelo LM35, pois o circuito usual é bastante simples, necessitando apenas do sensor propriamente dito, um sistema amplificador de sinal e de uma interface que realize a leitura do sinal amplificado, podendo até mostrar um valor de temperatura diretamente em um visor ou display ou mesmo disparando algum elemento eletrônico como, por exemplo, um transistor quando a situação for apropriada. O projeto basicamente foi baseado na utilização do sensor LM35 como sensor de temperatura atuando de modo simples e objetivo, enviando um sinal que será amplificado e logo depois comparado pelo Arduino Mega, que irá disparar suas saídas quando a temperatura desejada for atingida.

2.4.1 Sensores Eletrônicos

É possível encontrar milhares de tipos e modelos de sensores de dimensões pequenas e que podem ser instaladas em placas do tipo protoboard e circuito impressos. Dependendo da aplicação, o material varia, podendo ser de plástico, e até encapsulado por aço inoxidável, para suportar agressões químicas e climáticas. Sua construção é muito conhecida e simples, composta por materiais comuns, tornando seu preço acessível, para sensores básicos, e um pouco mais caros para sensores mais elaborados (Thomazini, 2009).

2.4.2. Sensor de precisão de temperatura em graus célsius LM35

O sensor LM35, é um sensor encapsulado fabricado pela Nacional Semi-condutor, por sua simplicidade, se torna um sensor barato de ser fabricado e conseqüentemente de ser vendido também.

Sua medição é feita através da variação da tensão. Para funcionar ele deve ser alimentado por uma fonte de 4 a 20 volts, retornando para o microcontrolador uma tensão de 10 mV, para cada grau célsius acrescido ou decrescido. Isso o torna vantajoso em relação aos sensores que utilizam graus Kelvin, pois não necessita de uma linha de código para a conversão.

O LM35 não necessita ser calibrado para utilização neste projeto, pois possui boa exatidão onde valor varia entre 0.25 a 0.75 graus, (variabilidade desprezível para a aplicação) e tem a capacidade de medir temperaturas de -55°C a 150°C (Range de trabalho mais que adequado para a aplicação).

Quando alimentado, a temperatura de funcionamento do sensor não ultrapassa 0,1°C sendo irrelevante para a precisão dependendo do tipo de utilização. (Primeiros passos com sensores para Arduino – 2014)

2.4.2.1 - Aplicações Usuais do Sensor Lm35

O sensor LM35 é amplamente utilizado no ramo da eletrônica, ou circuitos embarcados, podendo ser utilizado em contato direto com a peça, onde sua temperatura estará à cerca de 0,01°C, abaixo do material, isso ocorre devido ao encapsulamento do sensor. Pode também ser utilizado para medir a temperatura atmosférica mantendo contato apenas com o ar do ambiente à ser monitorado.

Algumas aplicações para o LM35:

- Termômetros para câmeras frias, chocadeiras etc.;
- Controles de temperatura de máquinas;
- Aquisição de dados para pesquisas;
- Proteção para dispositivos industriais (motores, inversores, fontes);

A princípio, o sensor a ser utilizado no projeto seria o LM35, mas por grande dificuldade em estabilizar o sinal de recepção pelo microprocessador, o projeto foi alterado e o sensor utilizado foi o DS18B20, que será melhor explicado a seguir.

2.4.3 Sensor de temperatura Ds18b20

O sensor DS18B20 possui algumas características especiais, mesmo tendo o custo um pouco mais elevado em relação ao LM35, ainda é bastante acessível e de fácil utilização. Algumas formas de encapsulamento são utilizadas, mas a principal delas é o encapsulamento blindado com bulbo de aço inox, e vedação dos fios, que o torna a prova d'água, tornando-o ideal, para uso em aquários, estufas, freezers, sistemas de aquecimento de água entre outros. As principais características do DS18B20 são:

- Alimentação DC entre 3.0V e 5.5V
- Mede temperatura entre -55°C e +125°C
- Não necessita de componentes externos

- Resolução ajustável entre 9 e 12 bits
- A prova de água, umidade e oxidação.
- Utiliza o Protocolo 1-Wire para leitura.
- Cada sensor tem um Numero Serial.

O sensor DS18B20 possui dois tipos de funcionamento, o chamado “Normal”, que é feito utilizando os três fios, sendo Terra, Tensão, e sinal para o microprocessador nesse caso para uso unitário, quando será utilizado apenas um sensor no circuito, o outro modo é o modo “Parasita” onde os fios da tensão e do sinal são curto-circuitados. Nesse modo, pode-se utilizar a tecnologia 1-wire, onde é possível combinar até 127 sensores, essa tecnologia será explicada a seguir. (Datasheet DQsoft – 2010)

Basicamente o Protocolo 1-Wire define algumas características que tornam possível utilizar vários sensores conectados a apenas um pino de leitura do Arduino. Algumas características do Protocolo são:

- Definição de um Serial Number em cada sensor compatível, tornando possível;
- Identificar individualmente cada sensor conectado no mesmo pino de leitura (podemos chamar de barramento).
- Definição de um CRC para podermos tratar possíveis colisões no barramento (dois sensores enviando informação ao mesmo tempo)
- Definição de meios para leitura e controle dos sensores. Tipos de sensores DS18B20



Figura 2. DS18B20 na configuração à prova d'água

Fonte: <https://www.intellihome.be/en/waterproof-temperature-sensor-ds18b20>

2.4.4 Esquema de ligação 1-Wire no Arduino:

É um método simples, amplamente utilizado com esse sensor, o fio “terra” é ligado na porta “GRD” do Arduino, o fio positivo é ligado na porta 5 v do Arduino e o fio de dados do sensor é ligado no pino digital utilizado no código para leitura dos dados, no exemplo da figura 2 foi utilizado o pino (2).

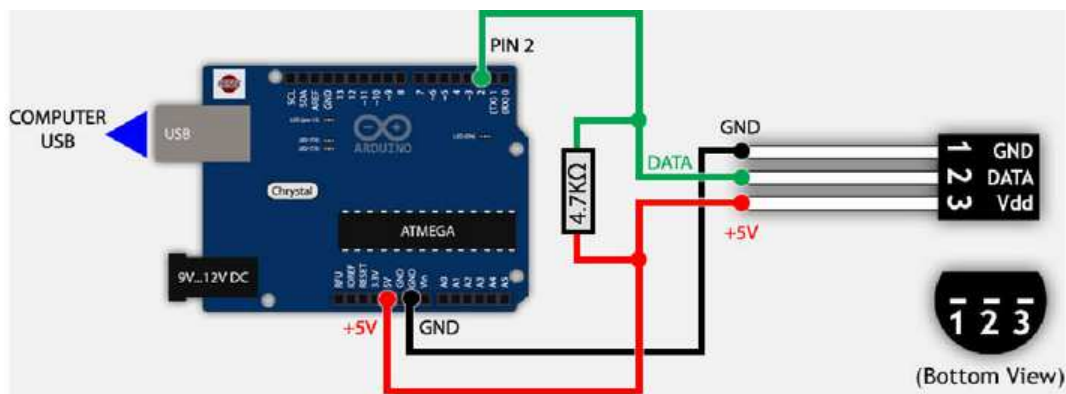


Figura 3. Esquema de ligação 1-Wire

Fonte: <http://www.tweaking4all.com/hardware/arduino/arduino-ds18b20-temperature-sensor/>

Como conectar múltiplos sensores:

O sensor digital de temperatura DS18B20 possibilita a ligação de múltiplos sensores em paralelo. Neste caso, o microprocessador através da biblioteca do sensor, irá ler todos os sensores. Abaixo são mostrados dois métodos de ligação dos sensores em paralelo, sendo um método utilizando o modo “Normal” e o outro o modo “Parasita”.

Utilizando vários sensores, é necessário um método para identifica-los individualmente, caso contrário, seria inútil a utilização em série, para isso cada sensor possui um serial number possibilitando a distinção de cada um deles.

Cada sensor possui um Serial Number único, que pode ser usado para identificar a origem de determinada informação. O Serial Number é composto de 64 bits, e é o valor ROM na saída da janela serial. Abaixo o exemplo de Serial Number de dois sensores.

- 28 81 2E 11 5 0 0 1B

- 28 AB 2D 11 5 0 0 2C

Na prática, é utilizada uma variável para armazenar os SN, como por exemplo, (quarto, sala) Para um projeto mais complexo, o armazenamento pode ser feito em um banco de dados, e criar outra tabela associando o Serial Number a nomes com algum significado mais adequado. Um problema; é necessário obter inicialmente o Serial Number de cada sensor. Como o sensor não vem com nenhuma informação relativa ao Serial Number gravada em seu corpo, deves conectá-lo inicialmente de maneira isolada para obter o numero, identificando-o manualmente para criar uma variável que será usada no programa. (figura 3 e 4)

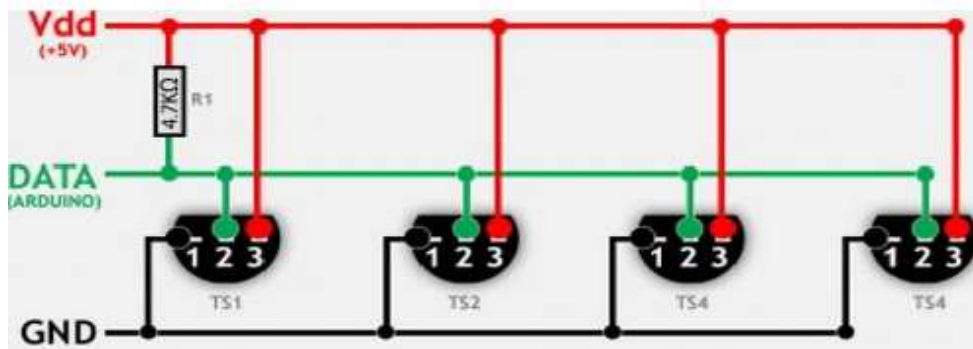


Figura 4. Esquema de vários sensores, ligação normal.

Fonte: <http://www.tweaking4all.com/hardware/arduino/arduino-ds18b20-temperature-sensor/>



Figura 5. Esquema de vários sensores, ligação parasita.

Fonte: <http://www.tweaking4all.com/hardware/arduino/arduino-ds18b20-temperature-sensor/>

2.5 Sensor de Umidade do Solo.

O termo umidade do solo retrata nada mais que a relação terra-água referente ao recipiente. Esta é com certeza, uma variável de suma importância para o cultivo em geral, já que cada espécie de planta absorve água com intensidade e frequência diferenciadas. A utilização de um sensor em conjunto com um sistema de irrigação, é apenas mais um meio de controle e correção da variável. Uma vantagem deste método em relação à, por exemplo, o método baseado nas características físico-hídricas do tipo de solo e também baseado na evapotranspiração da planta, é que o método que contempla um sensor de umidade do solo, se bem posicionado, reduz o consumo de água na estufa, já que ponto de ajuste será verificado periodicamente de acordo com o programa. (<http://www.usinainfo.com.br/sensores-e-modulos/sensor-de-umidade-de-solo-para-arduino-2311.html>)

2.5.1 Funcionamento:

Sensores de umidade de solo são na basicamente tensiômetros. Tensiômetro é um instrumento que mede o nível da umidade do solo por meio do potencial matricial, que é a porção de água absorvida pelo solo. Assumindo que o volume do recipiente como o total, e subdividindo-o para partes de terra e água e pesando as partes separadamente, consegue-se calcular o quanto de água em peso, deve-se ter para atingir certo nível de umidade no solo. Para uma minuciosa coleta dos dados de umidade relativa do solo, é necessário que se acompanhe o crescimento das raízes das plantas e reajuste a posição do sensor. Como a terra é um mal condutor elétrico, assume-se que maior parte - quase toda - eletricidade que se conduz, é proveniente da quantidade de água, sal e metal nela contida. As hastes do sensor criam uma tensão proporcional ao nível de condução elétrica entre elas, então, quanto mais fácil for a condução da eletricidade, maior a umidade do solo. O sensor retorna um valor entre 0 e 1023, sendo 0 (0V), indicando 0% de umidade e 1023 (5V), indicando 100% de umidade.

2.5.2 Sensor Umidade do solo LM393

O LM393 é uma alternativa de baixo custo e baixo consumo de energia, que detecta as variações de umidade no solo, pode ser utilizado em terra, areia ou diretamente na água.

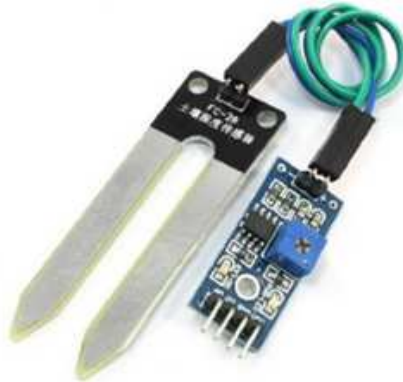


Figura 6. Módulo sensor de Umidade Do solo LM393

Fonte: <http://www.amazon.com/Moisture-Detection-Control-Module-3-3-5V/dp/B00GYV0E4Q>

- Tensão de alimentação: 3,3 a 5 V;
- Sinal digital de saída: 0 (0V) ou 1 (5V);
- Sensibilidade ajustável via potenciômetro;
- Corrente: 35mA; Chip comparador LM393 integrado em uma Placa de Interface com dimensões: 3,2 x 1,4 cm;
- Hastes resinadas com dimensões: 6 x 2 cm;
- Jumper de conexão: 21 cm.

2.6 Arduino

Segundo informação retirada do fórum Laboratório de Garagem (2014), o Arduino é uma placa micro controlada de software livre, ou seja, está disponível para uso e contribuição de toda a sociedade, o conceito básico teve origem na Itália e foi criado em 2005, seu objetivo principal é que qualquer pessoa tivesse facilidade de criar dispositivos e protótipos de forma

menos cara e complicada do que métodos convencionais.

Basicamente consiste em uma placa com micro controlador programável, preparada para receber sinais de sensores e acionar atuadores, sua linguagem básica de programação é baseada em C/C++. Após sua programação a placa pode funcionar de forma independente do computador

2.6.1 Características

As principais características do Arduino é ler valores provenientes de sensores, como acelerômetros, LDR, ultrassons, sensores de temperatura e umidade entre outros. Também atua com sinais visuais, como Leds, motores, Displays (LCD), dessa forma podendo atuar em protótipos e muitos outros tipos de dispositivos. (Arduino Básico, 2014).



Figura 7. Placa Arduino

Fonte: <http://pt.slideshare.net/adorepump/introduo-ao-arduino>

2.6.2 Hardware

O hardware do Arduino é muito simples, porém muito eficiente. Analisando o hardware do Arduino UNO, que é composto pelos seguintes blocos:

- Fonte de Alimentação - Recebe energia externa, filtra e converte a entrada em duas tensões reguladas e filtradas;
- Núcleo CPU - Um computador minúsculo, mas poderoso responsável por dar vida à placa.
- Entradas e Saídas - A CPU vem completa com diversos "dispositivos" embutidos dentro do chip.
- Pinos com Funções Especiais - Alguns pinos possuem hardware embutido para funções especiais.
- Firmware - Programa que carregamos dentro da CPU com nossas instruções de funcionamento da placa. (Arduino.cc-2014)

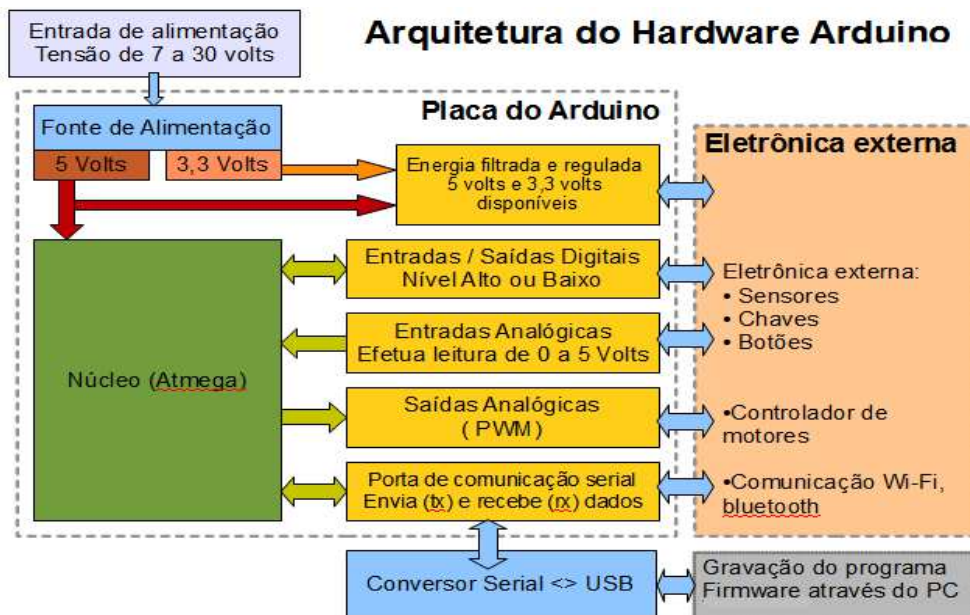


Figura 8. Arquitetura do Hardware do Arduino

Fonte: http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_hardware_pg1.php

2.6.4 Fonte de alimentação

A unidade interna do Arduino tem capacidade de receber tensão entre 7 e 35 volts, e saída de 5V para que todos os componentes funcionem adequadamente, normalmente a fonte de energia utilizada para alimentá-lo é de 110 ou 220 volts, neste caso é necessário a

utilização de algum tipo de transformador de tensão para o correto funcionamento. (Arduino.cc-2014)

2.6.5 Núcleo CPU

O núcleo do Arduino se assemelha a um processador comum, todos os dados, entradas e saídas são processadas em um único chip, possui também memória RAM interna para o processamento rápido, sendo uma memória de curta duração. (Arduino.cc-2014)

2.6.6 Utilizações do Arduino

Normalmente é utilizada uma protoboard para ligação de sensores, leds, e toda a ligação elétrica. Utilizamos padrões para controlar todos os dispositivos, como por exemplo, a tabela 1 para utilização de leds, utilizando as cores para determinar a tensão necessária.(Tabela 1.)

Tabela 1. Tensão dos Leds

Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Branco
2V	2V	2.1V	2.2V	3.3V	3.3V

Fonte: Grupo de TCC

2.6.7 Protoboard

Consiste numa placa com uma matriz de contatos que permite a construção de circuitos experimentais sem a necessidade de solda, permitindo com rapidez e segurança desde uma alteração de posição de um determinado componente até sua substituição, sua

utilização juntamente com o Arduino possibilita a ligação de diversos equipamentos periféricos como relês, sensores, e toda a ligação elétrica. (Arduino.cc-2014)

2.6.8 Tipos de Arduino

Apesar de ser um dispositivo simples, existem no mercado vários tipos de Arduino para serem utilizados em funções distintas, entre elas estão: UNO, MEGA, NG, DIECIMILA, DUEMILONAVE. (Arduino.cc-2014)

2.6.9 Arduino Mega 2560

A placa Arduino Mega 2560, é mais uma das inúmeras opções disponíveis do mercado, é um microcontrolador para iniciantes, com a vantagem de possuir um numero maior de entradas digitais e analógicas, sendo um total de 54 pinos digitais e 16 analógicos, possibilitando acoplar mais periféricos, visando upgrades sem necessidade de substituir o microcontrolador.

Dos 54 pinos digitais, 15 deles podem ser utilizados como saídas PWM, que possibilita utiliza-las como saídas analógicas.

A alimentação da placa Arduino Mega pode ser feita tanto pela porta USB quanto pela entrada de fonte externa, sua tensão deve estar entre 6v e 20v, entretanto quanto a tensão é abaixo de 7v, o sistema pode ficar instável, e quando a tensão supera os 12v, o regulador interno da placa pode sobreaquecer, ou seja, a tensão adequada para o melhor funcionamento será entre 7v e 12v. Quando o cabo USB é conectado a placa, o circuito automaticamente é alimentado pela por ela, ou seja, 5V, dois resistores de 22 Ohms são utilizados para proteger as portas da placa, e um fusível receptável de 0,5^a impede que a porta USD do computador queime caso haja algum pico de energia. Caso ocorra algum problema Foi incluído o Ferrite no circuito para que ruídos da USB externa não interfiram no circuito da placa.

Além disso, a placa conta com um circuito que alterna automaticamente entre a fonte de alimentação externa e a entrada USB, caso haja energia vinda da fonte externa e a porta

USB também esteja conectada, a energia será utilizada apenas da fonte.

A placa possui 54 pinos que podem ser utilizados como entrada ou saída, dependendo da necessidade do usuário, e todos não alimentados com 5V, 16 portas são entradas analógicas, que trabalham de 0 a 5V, entrando com valores de 0 a 1023 e 38 portas digitais, que operam somente com 0 ou 1, ou seja, 0 ou 5V, a variação de tensão entre esses valores pode ser feito por algumas portas digitais com função PWN.

PWM é uma sigla em inglês que significa, Pulse Width Modulation, essa técnica consiste em manter a frequência de uma onda quadrada fixa e variar o tempo que o sinal fica em nível lógico alto. Esse tempo é chamado de duty cycle, ou seja, o ciclo ativo da forma de onda.

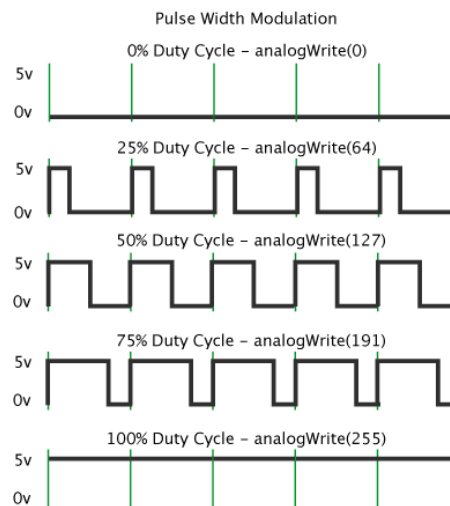


Figura 9. Modo PWM

Fonte: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>

Analisando as formas de onda nota-se que a frequência da forma de onda tem o mesmo valor e varia-se o duty cycle da forma de onda. Quando o duty cycle está em 0% o valor médio da saída encontra-se em 0 V e conseqüentemente para um duty cycle de 100% a saída assume seu valor máximo, que no caso é 5V. Para um duty cycle de 50% a saída assumirá 50% do valor da tensão, 2,5 V e assim sucessivamente para cada variação no duty cycle. Portanto, para calcular o valor médio da tensão de saída de um sinal PWM pode-se utilizar a seguinte equação:

$$V_{out} = (\text{duty cycle}/100) * V_{cc}$$

Equação 1

Onde:

- V_{out} – tensão de saída em V;
- duty cycle – valor do ciclo ativo do PWM em %;
- V_{cc} – tensão de alimentação em V.

PWM pode ser usada para diversas aplicações, como por exemplo:

- controle de velocidade de motores;
- variação da luminosidade de leds;
- geração de sinais analógicos;
- geração de sinais de áudio.



Figura 10. Arduino MEGA

Fonte: <https://www.pololu.com/product/1699>

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1 Montagem Física

A estrutura é feita inteiramente de metalon 6x6mm, e dimensão total de 46cm³ sendo, 500mm de altura por 400mm de largura e 230mm de profundidade, foi coletada em um depósito de materiais e adquirida a baixo custo, visando o aumento do custo benefício do projeto.



Figura 11. Estrutura Metálica da Estufa

Fonte: Grupo de TCC

Na parte traseira da estufa foi projetada uma placa de metal com dimensão de 80 mm de largura e 400 de comprimento, soldada às extremidades da armação, para que fosse possível utilizar como ponto de ancoragem dos componentes de maior peso, como reservatório de água e fonte de alimentação, por exemplo. A fixação desses componentes no acrílico, poderia gerar deformação e até mesmo a ruptura das placas

O material utilizado no perímetro, para revestimento da estrutura foram placas de acrílico de 2 mm de espessura, foi instalada uma placa em cada um dos lados, para que fosse possível a visualização do seu interior durante seu funcionamento. Na parte inferior da estufa, por ter que suportar o peso da terra e plantas, foi utilizado placas de madeira de 6 mm de espessura. A placa utilizada possui tratamento com verniz para que possa suportar a umidade.

Para fixação das placas foram arrebidadas a estrutura que foi furada utilizando uma furadeira de bancada para maior precisão.

A placa de acrílico utilizada é vendida em dimensões de 2m x 1m x 2 mm. Para corta-las nas medidas requeridas no projeto inicial, foi utilizada a própria estrutura da estufa como molde. Com o auxílio de uma micro retífica e disco de corte apropriados, foi realizado o corte das mesmas. O corte do acrílico produz muita poeira proveniente do material, sendo necessário cuidado com os olhos, nariz e boca, o processo deve ser lento, para que o acrílico não derreta ou se trinque, prejudicando assim, o acabamento da peça e a perda do disco de corte.

Na junção das placas a aplicação de silicone é necessária para que não ocorra perda de calor em excesso, e também para a prevenção de vazamentos de água em locais não

programados.

A irrigação será feita através de um aspersor com vazão máxima de 7 L/h, utilizado para pequenas plantações. O aspersor, será fixado na parte superior da estufa à 30 cm do recipiente de plantio, para que o leque formado durante o funcionamento cubra toda área em questão.

Um reservatório com capacidade de 1 Litro de água foi fixado na parte posterior da estufa, o mesmo possui encaixe para uma bomba universal de 12v utilizada em limpadores de para-brisa de veículos, esse conjunto é responsável por alimentar o aspersor, que são conectados por uma mangueira de polietileno de ¼” de diâmetro.

Duas lâmpadas fluorescentes de 40 watts fixadas na parte superior da estufa são utilizadas para fornecer no mínimo 500 lumens¹, luminosidade mínima necessária para o cultivo da maioria das hortaliças, De acordo com o site greenpower.net.br, são necessários no mínimo 30W de potência de lâmpada para cada m² de cultivo. Sendo que quanto maior a luminosidade, maior a produtividade.

3.2 Arduino

Para interface de ligação, e gestão dos parâmetros, foi utilizado o microprocessador Arduino Mega 2560, ela foi acoplada a uma placa de circuito impresso, para melhor acomodar os componentes conectados a ela, como Leds, LCD e os sensores.

Após a montagem, todo o hardware foi encapsulado em uma caixa de PVC, para proteger de umidade e sujeira.



Figura 12. Arduino acoplado ao circuito impresso

Fonte: Grupo de TCC

3.3 LCD

O LCD foi fixado na mesma caixa que foi utilizada para encapsular o Arduino, dessa forma se tem toda a eletrônica centralizada em um único componente, facilitando a manutenção, e organização de todo o material como pode ser visto na figura 12.

Com duas linhas de informações, é possível verificar a temperatura do ar e o tempo de irrigação da estufa, informações importantes para monitorar o bom funcionamento.



Figura 13. LCD instalado

Fonte: Gurpo de TCC

3.4 Sensores

Nessa estufa foram utilizados dois sensores, um sensor de temperatura a prova d'água, e um sensor de umidade do solo.

3.4.1 Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura foi instalado para se manter o mais próximo possível do centro da estufa, para uma leitura real da temperatura interna, por ser a prova d'água não existirá o problema de interferência devido a irrigação, esse sensor é encapsulado por um

bulbo de aço inox, e a ligação do cabo com o bulbo é protegida por uma fita termo retrátil, que é o suficiente para impedir a entrada de água.

3.4.2 Sensor de Umidade do Solo

O sensor de umidade do solo deve ser posicionado estrategicamente dentro do dispositivo, sob a terra. Por se tratar de um vaso não tão profundo, de apenas 100 mm de profundidade,

Outros projetos em maior escala demandariam um estudo mais aprofundado sobre a posição e a necessidade de uma quantidade maior de sensores para garantir a precisão da leitura de umidade do sistema.

3.5 Bomba D'água

A bomba d'água fixada ao reservatório de água é o item que mais consome energia, mas é necessário que tenha alta vazão para que o aspersor de água funcione corretamente, caso contrário a água não seria pulverizada, ficaria apenas gotejando.



Figura 14. Bomba d'água ligada ao aspersor

Fonte: Grupo de TCC

A bomba em questão, tem a capacidade de bombeamento de 7,5l / hora, desta forma, considerando as dimensões da estufa, poderíamos elevar a umidade da area de plantio, conforme grafico abaixo.

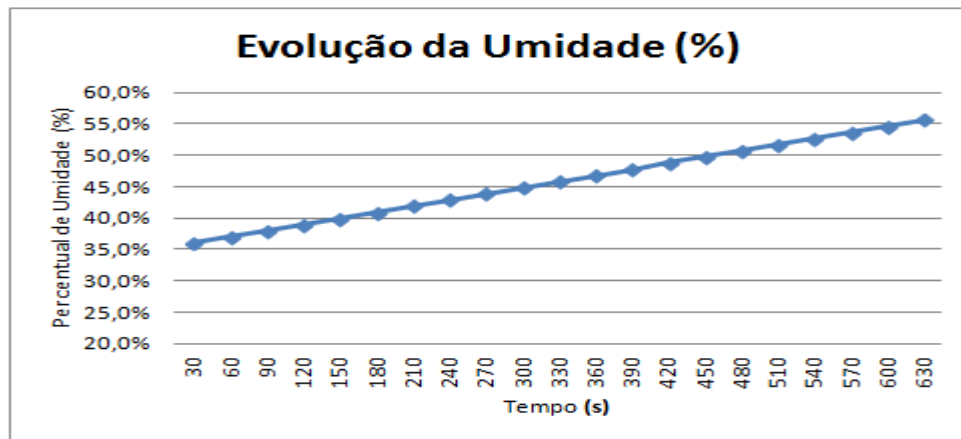


Figura 15. Gráfico de Evolução de Temperatura

Fonte: Grupo de TCC

Volume de Terra = 6,4kg

% de umidade requerida = 35 á 55%

Quantidade de agua por segundo = $7500 \text{ ml} / 3600 = 2,09\text{ml}$.

Portanto, uma vez que o aspersor é ativado, é possível sair do nível mínimo requerido ao máximo em 612 segundos.

3.6 Iluminação

Foram utilizadas duas lâmpadas fluorescentes de 40W cada, para realizar a iluminação da estufa. Para definição do tipo de lâmpada foi levado em consideração os seguintes aspectos que podem ser observados na tabela 2:

	LED	FLUORESCENTE	INCANDESCENTE
POTÊNCIA	5W	9W	40W
CONSUMO	0,005 kW/h	0,009 kW/h	0,04kW/h
EMISSÃO DE LUZ	300l	1350l	516l
TEMPERATURA DE COR	601/W	751/W	131/W
EFICIÊNCIA LUMINOSA	6400k	3000k	2700k
EMISSÃO DE CALOR	Insignificante	Media	Alta

Tabela 2. Comparativo entre Lâmpadas

Fonte: Grupo de TCC

O sistema de iluminação está conectado ao Arduino, de forma que o pode ser configurado através de timer para o ciclo de operação.

3.6 Circuito impresso

Esta parte do projeto demandou dedicação especial, pois, é um processo delicado, mas que resultaria em um bom acabamento tornando toda a instalação simplificada, e fácil de entender, além de limpa.

Para imprimir corretamente o circuito, foi utilizado o software Eagle lite para desenhar o circuito no computador, sendo possível fazer alterações necessárias para que os circuitos não se sobrepusessem, depois de concluído, o circuito é impresso em folha de papel fotográfico, e então colocado sobre a placa de circuito virgem. Para que se descolasse a tinta do papel e passasse para a placa, é necessária uma fonte de calor, no caso um ferro de passar roupas foi utilizado, e então o local de cada resistor foi furado com uma micro retifica, para melhor acabamento (Figuta16).

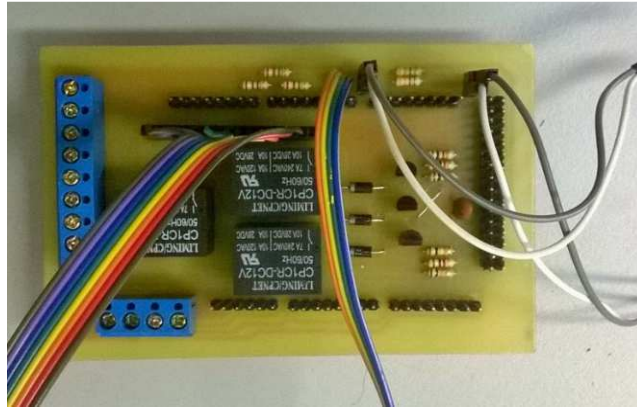


Figura 16: Circuito Impresso

Fonte: Grupo de TCC

Toda a fiação dos sensores foi isolada com tubos termo retrateis, e em algumas partes foram utilizados conduites normais para eletrônica, dessa maneira os fios além de ficarem protegidos, ficaram mais bem organizados no ambiente, foram fixados nas arestas pala melhor acomodação, e não interferir nos dutos de aquecimento e no vaso. Também não interferem na manutenção das plantas.

3.7 Reservatório de água

Na parte posterior da estufa foi colocado um reservatório de água, utilizado em veículos, que já possui o local correto de encaixe da bomba de água. A capacidade do reservatório é de um litro de água. Para definição do tamanho, dois fatores foram considerados. Primeiramente, a disponibilidade deste no comercio, fazendo com que seja desprezado os custos de desenvolvimento, e a autonomia do reservatório para aplicação na estufa. A autonomia, foi calculada conforme método Penman-Monteith FAO, utilizando o software disponibilizado pelo Unesp, chamado SIMAI. Com o Software, é possível calcular a taxa de evaporação diária, com a entrada de variáveis como temperatura, umidade, velocidade do vento. O resultado é obtido em mm^3 . Realizando a conversão, o resultado foi o valor aproximado de 150 ml de consumo de agua por dia, dimensionados para a área de plantio da estufa sistema, isso resultaria uma autonomia de aproximadamente 6,5 dias.

3.8 Ventoinha

Foram utilizados dois coolers, um localizado na parte inferior da estufa, esse responsável por admitir o ar frio para dentro da estufa, e outro na parte superior, mas ainda na lateral, responsável por fazer o ar circular por toda a estufa, e retirar o ar quente e gases produzidos pelas plantas, ambos são alimentados por 12 volts, são componentes retirados de fontes de computador, e para volume em questão e a necessidade de renovação, concluir-se que os mesmos estão super-dimensionados, porém, para aplicação, essa impacta somente no tempo de funcionamento do mesmo.



Figura 17. Cooler

Fonte: Grupo de TCC

3.9 Recipiente para plantio

Foi confeccionado um recipiente para plantio, utilizando 5 pedaços de madeira, de medidas exatas para o interior da estufa, para que ficasse o mais justo possível, e para não estragar a madeira, já que será um ambiente bem úmido, ela foi toda envernizada, e as juntas seladas com uma fita Silver tape. A área de plantio terá as dimensões de 80x200x400mm (AxLxC). A capacidade será de 6,4kg de terra seca.



Figura 18. Recipiente Para Plantio

Fonte: Grupo de TCC

3.10 Lógica de programação:

O programa utilizado neste trabalho segue um padrão de construção, pode ser observada a rotina pelo fluxograma representado na figura 19.

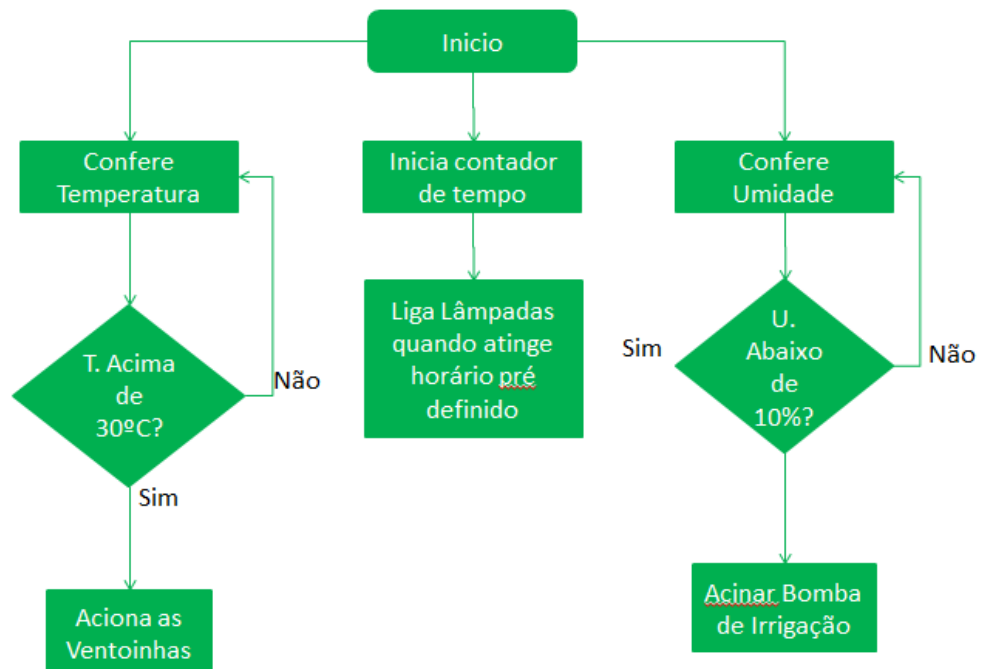


Figura 19: Fluxograma de Decisões

Fonte: Grupo de TCC

Como exemplo, a inclusão das bibliotecas que contém subprogramas auxiliares para o funcionamento do programa principal. Como as bibliotecas são requisitos adicionais, elas devem ser instaladas para que o código funcione.

```
#include <LiquidCrystal.h> // inclui a biblioteca para manipular o LCD
#include <OneWire.h> // inclui a biblioteca de interface com o sensor de temperatura
```

Em seguida, definem-se em quais entradas os sensores estarão ligados, as constantes e seus estados iniciais.

```
#define pino_umidade A0 // define o pino analógico ligado ao sensor
de umidade
#define pino_temperatura 38 // define o pino digital ligado ao pino
de dados do sensor de temperatura

#define bluePin 10 // define o pino digital ligado ao led rgb
#define greenPin 9 // define o pino digital ligado ao led rgb
#define redPin 8 // define o pino digital ligado ao led rgb

#define pino_irriga 28 //pino para controlar irrigação OK
#define pino_refrigera 30 //pino para controlar refrigeração OK
#define pino_ilumina 32 //pino para controlar iluminação NOK OK

#define pino_ledirriga 42 //pino para led indicador da irrigação
#define pino_ledrefrigera 40 //pino para led controlar da
refrigeração NOK OK

#define Temp1 15 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor do led rgb
#define Temp2 20 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor do led rgb
#define Temp3 25 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor do led rgb
#define Temp4 30 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor do led rgb
#define Temp5 35 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor do led rgb

#define TempMax 30 // estipula o valor de temperatura máxima para
acionar o ventilador
#define UmidMin 10 // estipula o valor da umidade para acionar a
bomba
```

Vinculam-se as constantes declaradas, com as portas analógicas, digitais e PWM que

serão utilizadas;

```
pinMode(pino_irriga, OUTPUT);
pinMode(pino_refrigera, OUTPUT);
pinMode(pino_ilumina, OUTPUT);

pinMode(pino_ledirriga, OUTPUT);
pinMode(pino_ledrefrigera, OUTPUT);

pinMode(bluePin, OUTPUT);
pinMode(greenPin, OUTPUT);
pinMode(redPin, OUTPUT);
```

Então são mostradas no LCD as informações relacionadas a temperatura do ar e umidade do solo.

```
// escreve na porta serial a temperatura e umidade atual
Serial.print("T = ");
Serial.print(temperatura);
Serial.write(176); //imprime o simbolo de graus °
Serial.println(" C");
Serial.print("U = ");
Serial.print(umidade);
Serial.println(" %");

// escreve no lcd a temperatura atual na primeira linha do lcd
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" T = ");
lcd.print(temperatura);
lcd.print((char)223); // Faz o simbolo de Graus
lcd.print("C");

// escreve no lcd a umidade atual na segunda linha do lcd
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" U = ");
lcd.print(umidade);
lcd.print("%");
```

Próximo passo é iniciar a leitura dos dados de temperatura da estufa:

```
// rotina para ler a temperatura encontrado na biblioteca
float verifica_temp(){

byte data[12];
```

```

byte addr[8];
if ( !ds.search(addr)) {
//no more sensors on chain, reset search
ds.reset_search();
return -1000;
}
if ( OneWire::crc8( addr, 7) != addr[7]) {
Serial.println("CRC is not valid!");

return -1000;
}
if ( addr[0] != 0x10 && addr[0] != 0x28) {
Serial.print("Device is not recognized");
return -1000;
}
ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0x44,1);
byte present = ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE);

for (int i = 0; i < 9; i++) {
data[i] = ds.read();
}

ds.reset_search();

byte MSB = data[1];
byte LSB = data[0];
float TRead = ((MSB <<8 ) | LSB);
float Temperature = TRead / 16;

return Temperature;

}

```

Leitura do sensor de umidade:

```

// rotina para ler a umidade

float verifica_umidade(){

    int umid = analogRead(pino_umidade);

    return umid;

}

// rotina acender o led rgb com a cor estipulada

```

```
void setColor(int red, int green, int blue)
{
  #ifdef COMMON_ANODE
    red = 255 - red;
    green = 255 - green;
    blue = 255 - blue;
  #endif

  analogWrite(redPin, red);
  analogWrite(greenPin, green);
  analogWrite(bluePin, blue);
}
```

Os códigos completos podem ser encontrados no apêndice A deste trabalho.

4. RESULTADOS

4.1. Hardware

Para a montagem da estufa, foram considerados às seguintes variáveis:

- Baixo custo dos materiais empregados, para aumento de competitividade.
- Utilização de materiais disponíveis no mercado.
- Parte traseira da estufa construída em metal, para suportar peso dos materiais mais pesados, como reservatório e reator das lâmpadas.
- Utilização de silicone para reduzir perda de calor e para vedação da estufa.
- Conjunto reator lâmpada dimensionado para fornecer 500 Lumens, suficiente para desenvolvimento da maioria das plantações.
- O reservatório de água não dotado de sensor de nível, porém dimensionado para atender a demanda de um dia de fornecimento de água, partindo do princípio que no momento do start do sistema, a terra se encontra na umidade ideal.

Para cumprir os requisitos de demonstração do funcionamento do sistema, foi determinado que o material utilizado fosse o acrílico.

4.2. Controle de Temperatura

Foi preconizada a utilização de um sensor de temperatura na área central da estufa, para assegurar a leitura da temperatura real. O sensor foi definido, levando em conta a aspersão de água sobre o mesmo, desta forma, consideramos a utilização de um sensor à prova d'água. O sistema utilizou dois coolers, um para ingresso de ar à temperatura ambiente, para resfriamento da estufa e outro para exaustão dos gases produzidos pela plantação. O Sistema foi construído tendo como base a variação de temperatura na região sudeste, desta forma, consideramos que num ambiente com entrada de ar controlada, não seria necessário a utilização de um *heater* ou resistência para aquecer o ar no interior da estufa.

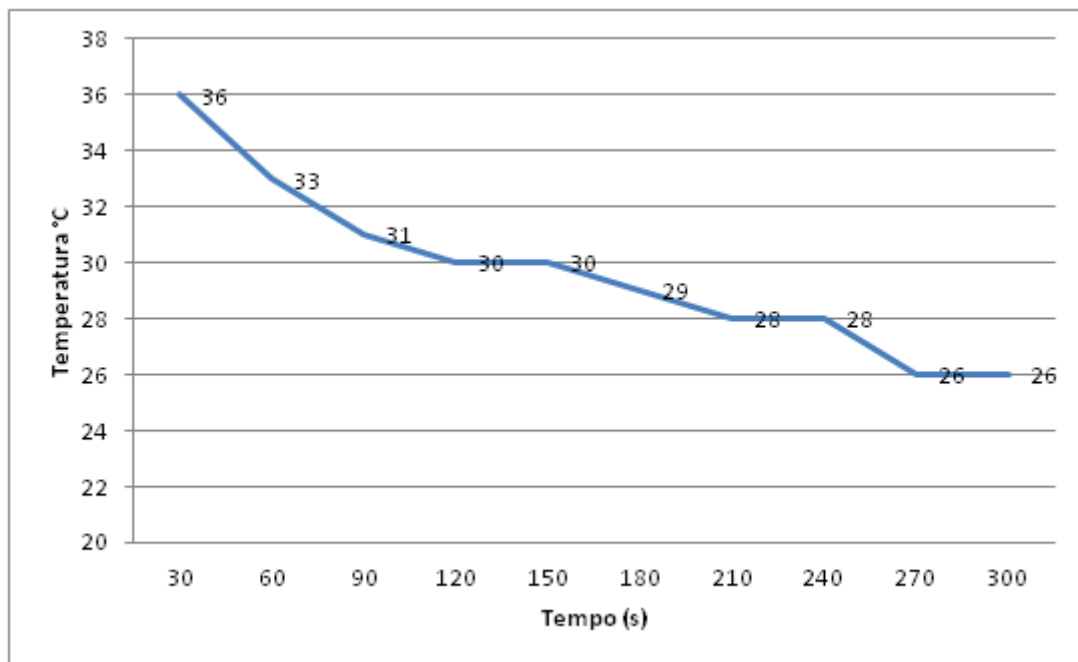


Figura 20. Evolução da Temperatura interna da estufa após acionamento do cooler.

Fonte: Grupo de TCC

4.3. Controle de Umidade

Optamos pela utilização de dois sensores para controle de umidade do solo. No caso da nossa estufa, o sistema calcula a média dos valores lidos pelos sensores e aciona o sistema de irrigação e coolers, caso os parâmetros se encontrem fora da faixa de trabalho definida pelo programa. O gráfico abaixo demonstra a evolução da umidade do solo após acionamento do

sistema. Podemos verificar que a umidade cresceu muito rapidamente, devido à escala do sistema. Neste caso, para sistemas em tamanho real, a evolução dos valores ocorreria de maneira mais lenta, e o funcionamento ocorreria por um tempo maior.

Para o sistema de demonstração, o sistema de gotejamento seria mais adequado para a aplicação.

O reservatório de água e sistema de bombeamento foi dimensionado para atender a necessidade da planta de demonstração, que numa escala real, seria possível atender a demanda de cerca de 3 dias de funcionamento.

4.4. Controle de Iluminação.

A iluminação do sistema foi projetada unicamente para atender a necessidade do sistema que era garantia a quantidade mínima de 500 Lumens, necessários para assegurar o desenvolvimento das plantas.

5. CONCLUSÃO

Os Resultados apresentados após a conclusão e teste da estufa, possibilitou observar, o funcionamento do sistema de acordo com os objetivos principais traçados no início do projeto. Isso se tornou possível, pois com a automação, podemos controlar e monitorar variáveis importantes no processo de desenvolvimento dos vegetais até o momento da colheita. É importante ressaltar que a estufa pode ser configurada para aplicação de diversos tipos de plantas, somente alterando os parâmetros de trabalho da mesma (umidade do solo, temperatura e iluminação), buscando sempre, trabalhar na faixa ideal de desenvolvimento de cada um dos vegetais cultivados.

Em relação ao Sistema, ressaltamos a dificuldade de adaptar os materiais adquiridos à baixo custo ao projeto. Outro ponto para discussão é a adaptação dos materiais disponíveis para a aplicação em uma planta de demonstração, ou seja, um modelo algumas vezes menor

do que a aplicação real. Durante a elaboração do projeto, houve a necessidade de substituição de alguns componentes idealizados no início do projeto, como um sensor de temperatura, que devido ao fato de não ser encapsulado, apresentou grande instabilidade no sinal, podendo gerar mau funcionamento do sistema. Outro ponto alterado no projeto inicial, foi a bomba de água, onde no projeto inicial, foi considerada a bomba submersa, que não demonstrou pressão suficiente para irrigação da área de plantio. A mesma foi substituída por um reservatório e bomba de limpador de parabrisas automotivo.

Os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia foram primordiais para desenvolvimento do projeto, desde a fase de planejamento, passando pela fase de desenvolvimento, construção e finalmente a parte de programação, teste e capitalização dos resultados obtidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Logica Arduino disponível em: <<http://www.arduino.cc/> - 2014> Acesso em: 12/12/2015

Logica de programação C disponível em <<http://www.labdegaragem.org/> - 2014> Acesso em: 12/12/2015

Estufa de Baixo Custo - MODELO PESAGRO-RIO, 1 Marco Antônio de Almeida Leal, 2 Luiz Carlos Santos Caetano, 3 José Márcio Ferreira – Maio/2006

Agricultura Orgânica - Regulamentos técnicos e acesso aos mercados dos produtos orgânicos no Brasil - Maria Fernanda de Albuquerque Costa Fonseca – 2009

Sensores Industriais– Fundamentos e Aplicações – Daniel Thomazini & Pedro Urbano Braga de Albuquerque, 2010.

Arduino Básico – Michael MCRoberts – 2009

Primeiros Passos com sensores Arduino – Kimmo Karvinen – 2014

DataSheet do sensor LM393 – <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/LM/LM393.pdf> – acessado em 13/12/2015

Hortas – Gilamr Apulo Hens, flavia Aparecida de Alcantara – 2009

Horta Domestica comunitária – engº Agrº Silvio Roberto Penteado – 2010

Eletrônica Analógica Básica – Eduardo Cesar Alves Cruz e solomão Choueri Júnior – Editora èrica – 2014

WILLER, H.; YUSSEFI, M. Organic Agriculture Worldwide - Statistics and future prospects.

Maria Fernanda de Albuquerque Costa Fonseca, Agricultura Organica - Regulamentos técnicos e acesso aos mercados dos produtos orgânicos no Brasil - Niteroi - 2009

<<http://www.usinainfo.com.br/sensores-e-modulos/sensor-de-umidade-de-solo-para-arduino-2311.html>> - Acessado em 10/11/2015

TERUEL, B. J. Controle automatizado de casas de vegetação: Variáveis climáticas e fertigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2010.

<https://www.ngma.com/industry_information.htm> Acessado em 10/11/2015

Paulo Eduardo Argenton - Influências das variáveis edafoclimáticas e de manejo no rendimento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Piracicaba, São Paulo.

Jacinto Carlos Ascencio Cansado - AGRILÓGIC SISTEMA PARA EXPERIMENTAÇÃO DE CONTROLE CLIMÁTICO DE CASAS DE VEGETAÇÃO.

MARIANO, J.C.Q.; SANTOS, G.O.;FEITOSA, D.G.; HERNANDEZ, F.B.T. SISTEMA PARA MANEJO DA AGRICULTURA IRRIGADA - SMAI versão 2.0 copyright © UNESP Ilha Solteira. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br/smai>> Acesso em: 12/12/2015

MARIANO, J.C.Q.; SANTOS, G.O.;FEITOSA, D.G.; HERNANDEZ, F.B.T. Software para cálculo da evapotranspiração de referência diária pelo método de Penman-Monteith. In: CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XXI. Petrolina: ABID, 20 a 25 de novembro de 2011, 2011. 6p. FINANCIAMENTO: FAPESP, Processos 2009/52.467-4 e 2010/10.766-2. Disponível em: < http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2011_jean.pdf>. Acesso em 12:12/2015

Apêndice A

```

//ver led amarelo - lcd - rele iluminação
#include "LiquidCrystal.h" // inclui a biblioteca para manipular o
LCD
#include "OneWire.h" // inclui a biblioteca de interface com o
sensor de tempe
#include "Time.h" // inclui a biblioteca para ajuste do tempo
#include "TimeAlarms.h" // inclui a biblioteca para ajuste do tempo
#define pino_umidade A0 // define o pino analógico ligado ao sensor
de umidade
#define pino_temperatura 38 // define o pino digital ligado ao pino
de dados
#define bluePin 10 // define o pino digital ligado ao led rgb
#define greenPin 9 // define o pino digital ligado ao led rgb
#define redPin 8 // define o pino digital ligado ao led rgb
#define pino_irriga 28 //pino para controlar irrigação OK
#define pino_refrigera 30 //pino para controlar refrigeração OK
#define pino_ilumina 32 //pino para controlar iluminação NOK OK
#define pino_ledirriga 42 //pino para led indicador da irrigação
#define pino_ledrefrigera 40 //pino para led controlar da
refrigeração NOK OK
#define Temp1 15 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor
#define Temp2 20 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor
#define Temp3 25 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor
#define Temp4 30 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor
#define Temp5 35 // estipula o valor de temperatura referente a
escala de cor
#define TempMax 30 // estipula o valor de temperatura máxima para
acionar o ve
#define UmidMin 10 // estipula o valor da umidade para acionar a
bomba
float temperatura; // variável que guarda o dado da temperatura lida
do sensor
float umidade; // variável que guarda a porcentagem da umidade
medida no sens
float tensao; // variável que guarda a tensão fornecida pelo pelo
sensor de um
OneWire ds(pino_temperatura); // configura o pino de dados do
sensor de tem
/* LCD RS - Arduino pino digital 2
* LCD Enable - Arduino digital 3
* LCD D4 - Arduino pino digital 4
* LCD D5 - Arduino pino digital 5
* LCD D6 - Arduino pino digital 6
* LCD D7 - Arduino pino digital 7*/

```

```

LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2); // define os pinos do arduino
a serem li
void setup(void) {
//inicia a porta serial
Serial.begin(9600);
// inicia o ldc
lcd.begin(16, 2);
//configura os pinos de saída
pinMode(pino_irriga, OUTPUT);
pinMode(pino_refrigera, OUTPUT);
pinMode(pino_ilumina, OUTPUT);
pinMode(pino_ledirriga, OUTPUT);
pinMode(pino_ledrefrigera, OUTPUT);
pinMode(bluePin, OUTPUT);
pinMode(greenPin, OUTPUT);
pinMode(redPin, OUTPUT);
setTime(8,29,50,9,6,15); // seta tempo Terça 8:29:00am 09/06/15
// cria os alarmes
Alarm.alarmRepeat(8,30,0,AlarmeLiga); // 8:30am every day
Alarm.alarmRepeat(8,31,0,AlarmeDesliga); // 18:00pm every day
}
void loop(void) {
Alarm.delay(1); // wait one second between clock display
Serial.print(day());
Serial.print("/");
Serial.print(month());
Serial.print("/");
Serial.print(year());
Serial.print(" - ");
Serial.print(hour());
Serial.print(":");
Serial.print(minute());
Serial.print(":");
Serial.println(second());
temperatura = verifica_temp(); // função para ler a temperatura
tensao = verifica_umidade()*0.004882; // função para ler a tensão
fornecida
umidade = (-20*tensao)+100; // conta para obter a porcentagem da
umidade no
// escreve na porta serial a temperatura e umidade atual
Serial.print("T = ");
Serial.print(temperatura);
Serial.write(176); //imprime o simbolo de graus °
Serial.println(" C");
Serial.print("U = ");
Serial.print(umidade);
Serial.println(" %");
// escreve no lcd a temperatura atual na primeira linha do lcd
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" T = ");
lcd.print(temperatura);

```

```

lcd.print((char)223); // Faz o simbolo de Graus
lcd.print("C");
// escreve no lcd a umidade atual na segunda linha do lcd
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" U = ");
lcd.print(umidade);
lcd.print("%");
delay(1000); // wait one second between clock display
if (temperatura < Temp1) // caso a temperatura for menor que 10°
{
setColor(0, 0, 255); // led rgb vai ficar azul escuro
Serial.println(" Temperatura Faixa 1 ");
}
if(temperatura >= Temp1) // caso a temperatura for maior igual que
10°
{
if(temperatura < Temp2) // caso a temperatura for menor que 20°
{
setColor(0, 255, 255); // led rgb vai ficar azul claro
Serial.println(" Temperatura Faixa 2 ");
}
}
if (temperatura > Temp2) // caso a temperatura for maior igual que
20°
{
if (temperatura < Temp3) // caso a temperatura for menor que 30°
{
setColor(0, 255, 0); // led rgb vai ficar verde
Serial.println(" Temperatura Faixa 3 ");
}
}
if (temperatura > Temp3) // caso a temperatura for maior igual que
30°
{
if (temperatura < Temp4) // caso a temperatura for menor que 40°
{
setColor(120, 50, 0); // led rgb vai ficar laranja
Serial.println(" Temperatura Faixa 4 ");
}
}
if (temperatura > Temp4) // caso a temperatura for maior igual que
40°
{
if (temperatura < Temp5) // for menor que 40°
{
setColor(255, 0, 0); // led rgb vai ficar vermelho
Serial.println(" Temperatura Faixa 5 ");
}
}
if (temperatura >= TempMax) // caso a temperatura for maior que a
temperatur
{

```

```

digitalWrite(pino_refrigera, HIGH);
digitalWrite(pino_ledrefrigera, HIGH);
Serial.println(" Cooler ligado ");
}
else // caso a temperatura for maior ou igual que a temperatura
estipulada
{
digitalWrite(pino_refrigera, LOW);
digitalWrite(pino_ledrefrigera, LOW);
Serial.println(" Cooler desligado ");
}
if (umidade <= UmidMin) // caso a umidade for menor que a umidade
estipulad
{
digitalWrite(pino_irriga, HIGH);
digitalWrite(pino_ledirriga, HIGH);
Serial.println(" Bomba ligada ");
delay(2000);
}
else // caso a umidade for maior que a umidade estipulada, desliga o
relé
{
digitalWrite(pino_irriga, LOW);
digitalWrite(pino_ledirriga, LOW);
Serial.println(" Desliga bomba ");
}
}
// rotina que aciona as lâmpadas pela manhã
void AlarmeLiga()
{
Serial.println("Alarme: - ligar lampada");
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Acende Lampada");
digitalWrite(pino_ilumina, HIGH);
delay(2000);
}
// rotina que desaciona as lâmpadas pela noite
void AlarmeDesliga(){
Serial.println("Alarme: - desligar lampadas ");
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Apaga Lampada");
digitalWrite(pino_ilumina, LOW);
delay(2000);
}
// rotina para ler a temperatura encontrado na biblioteca
float verifica_temp(){
byte data[12];
byte addr[8];
if ( !ds.search(addr) ) {
//no more sensors on chain, reset search

```

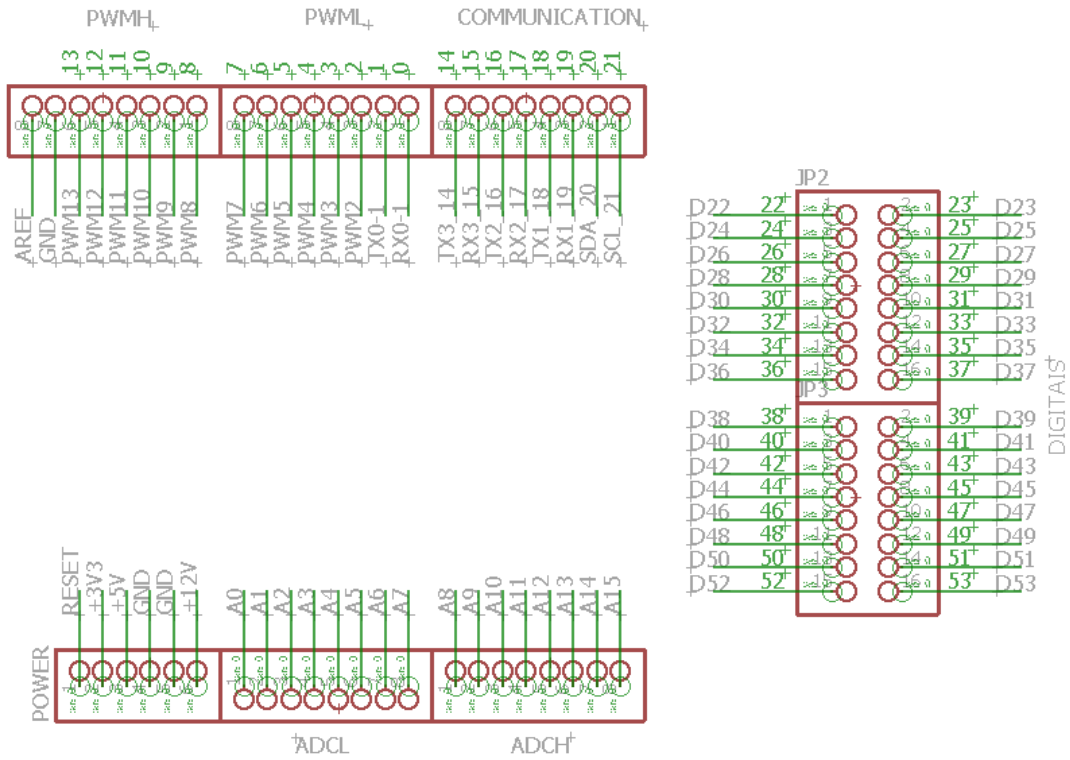
```

ds.reset_search();
return -1000;
}
if ( OneWire::crc8( addr, 7) != addr[7]) {
Serial.println("CRC is not valid!");
return -1000;
}
if ( addr[0] != 0x10 && addr[0] != 0x28) {
Serial.print("Device is not recognized");
return -1000;
}
ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0x44,1);
byte present = ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE);
for (int i = 0; i < 9; i++) {
data[i] = ds.read();
}
ds.reset_search();
byte MSB = data[1];
byte LSB = data[0];
float TRead = ((MSB <<8 ) | LSB);
float Temperature = TRead / 16;
return Temperature;
}
// rotina para ler a umidade
float verifica_umidade(){
int umid = analogRead(pino_umidade);
return umid;
}
// rotina acender o led rgb com a cor estipulada
void setColor(int red, int green, int blue)
{
#ifdef COMMON_ANODE
red = 255 - red;
green = 255 - green;
blue = 255 - blue;
#endif
analogWrite(redPin, red);
analogWrite(greenPin, green);
analogWrite(bluePin, blue);
}

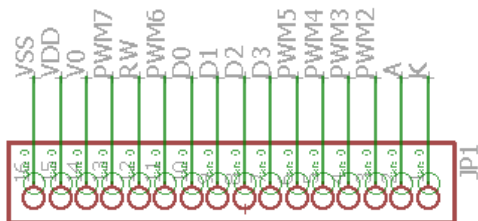
```

Apêndice B

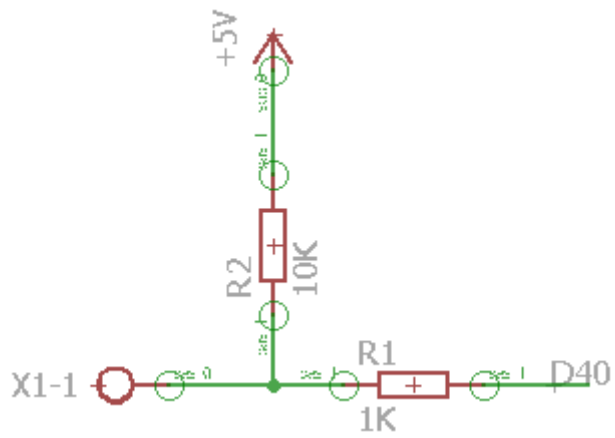
Circuito link para processamento:



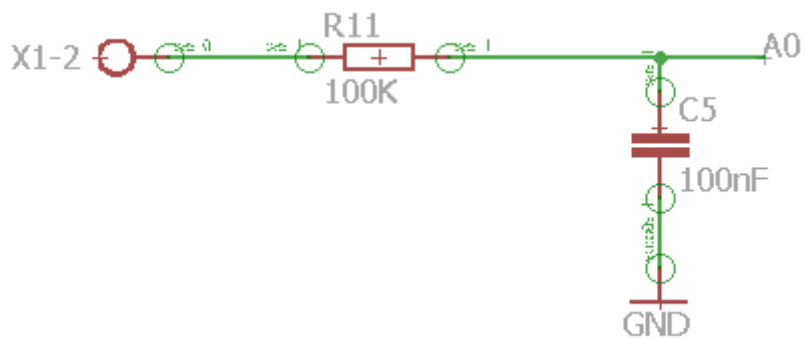
Circuito link apresentação visual LCD:



Circuito de temperatura DS18B20:



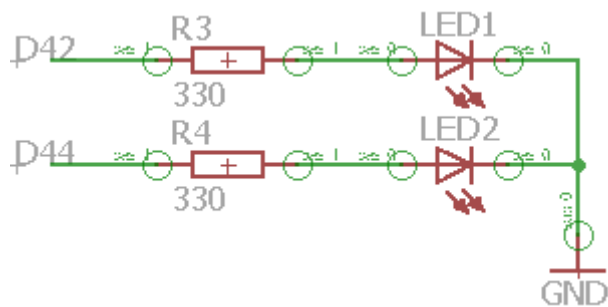
Circuito do sensor de umidade do solo:



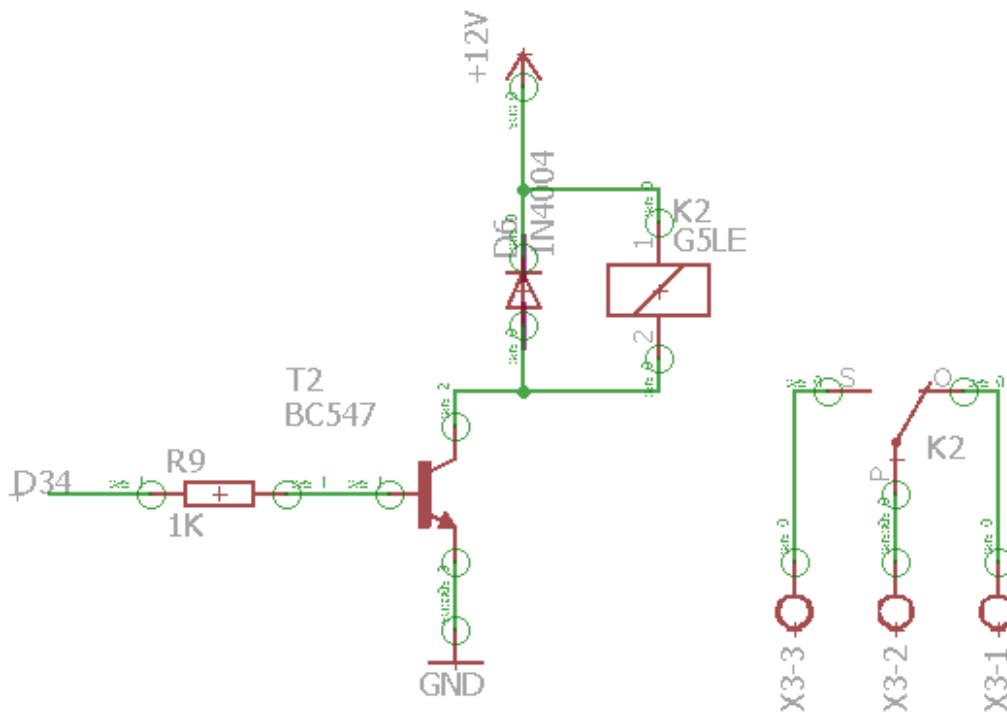
Circuito de indicação luminosa

LED – Acionamento irrigação

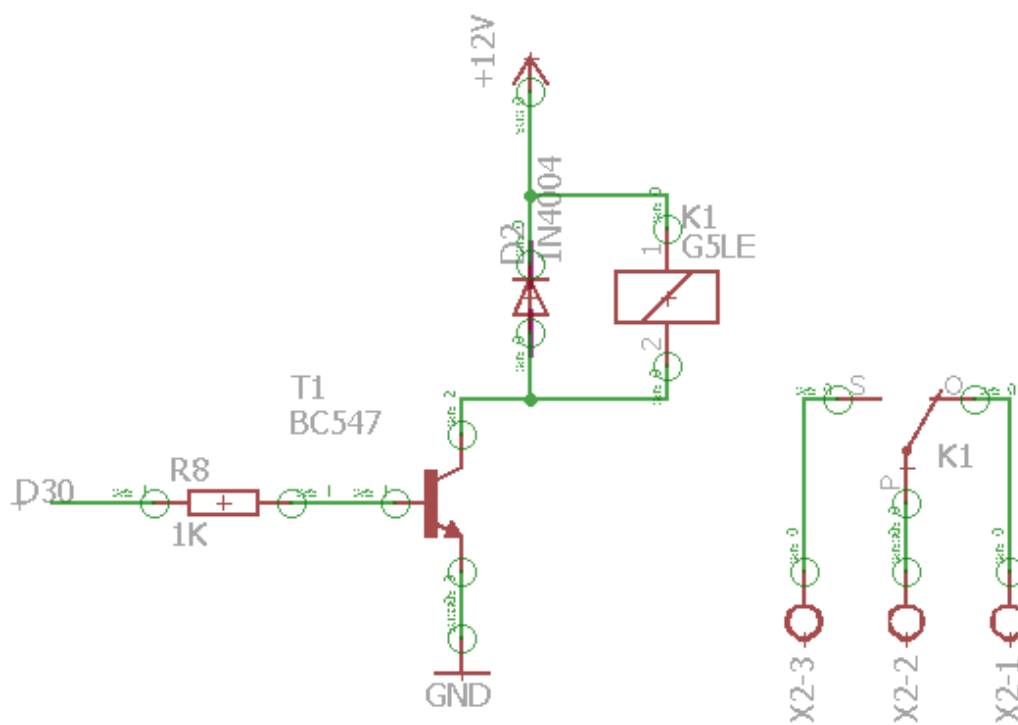
LED – Acionamento refrigeração:



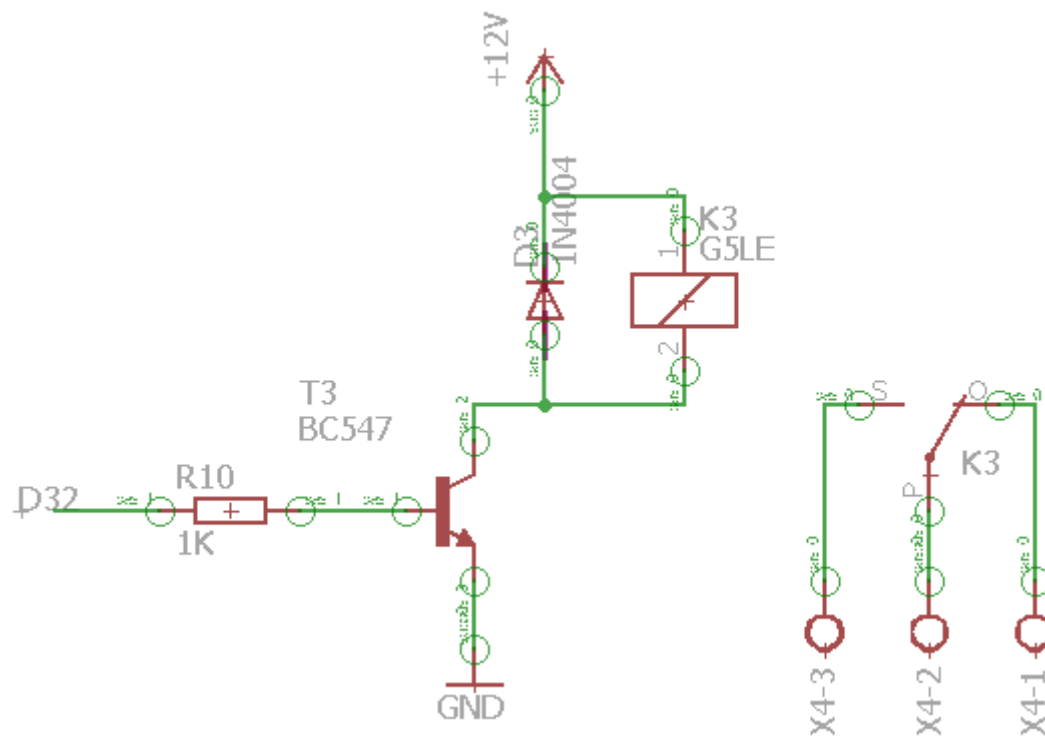
Circuito de acionamento do sistema de iluminação:



Circuito do acionamento do sistema de irrigação:



Circuito do acionamento do sistema de refrigeração:



Bornes de alimentação geral 5v – 0v:

