

Engenharia Eletrônica, Engenharia Automotiva, Engenharia de  
Software, Engenharia de Energia, Engenharia Aeroespacial

## **Estufa Automatizada**

**Autores:** Adailson Santos, Eduardo Rodrigues, Gabriel Augusto  
Silva, Gustavo Eichler, Júlio César, Leonardo Sagmeister, Lucas  
Amoêdo, Mairon Cruvinel, Marcelo Oliveira, Rafael Carvalho,  
Stephanie Costa, Thiago Dias, Wannbaster Reis

**Orientadores:** Alex Reis, Guilherme Bestar, Rhander Viana,  
Ricardo Chaim, Sébastien Rondineau

2018





Adailson Santos, Eduardo Rodrigues, Gabriel Augusto Silva, Gustavo Eichler, Júlio César, Leonardo Sagmeister, Lucas Amoêdo, Mairon Cruvinel, Marcelo Oliveira, Rafael Carvalho, Stephanie Costa, Thiago Dias, Wannbaster Reis

## **Estufa Automatizada**

Orientador: Alex Reis, Guilherme Bestar, Rhander Viana, Ricardo Chaim, Sébastien Rondineau

# Lista de ilustrações

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto . . . . . | 14 |
| Figura 2 – Cronograma do projeto . . . . .                | 16 |
| Figura 3 – Cronograma do projeto . . . . .                | 17 |
| Figura 4 – Cronograma do projeto . . . . .                | 18 |
| Figura 5 – Mecanismos de transferência de calor . . . . . | 21 |
| Figura 6 – Mecanismos de transferência de calor . . . . . | 21 |
| Figura 7 – Disposição das Boias no Reservatório . . . . . | 27 |
| Figura 8 – Funcionamento do optoacoplador . . . . .       | 28 |
| Figura 9 – Optoacopladores . . . . .                      | 29 |
| Figura 10 – Relé Internamente . . . . .                   | 30 |
| Figura 11 – Circuito PCF8591 . . . . .                    | 31 |
| Figura 12 – Tabela de custos . . . . .                    | 31 |
| Figura 13 – . . . . .                                     | 37 |
| Figura 14 – . . . . .                                     | 37 |
| Figura 15 – . . . . .                                     | 37 |

## Lista de tabelas



# Sumário

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Contexto</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Justificativa</b>                                       | <b>9</b>  |
| <b>1.3</b> | <b>Escopo do projeto</b>                                   | <b>9</b>  |
| 1.3.1      | Premissas  | 9         |
| 1.3.2      | Restrições   | 10        |
| 1.3.3      | Mapeamento do modelo 5W2H                                  | 10        |
| 1.3.3.1    | What - O quê?  | 10        |
| 1.3.3.2    | Why - Por quê?   | 10        |
| 1.3.3.3    | Where - Onde?  | 10        |
| 1.3.3.4    | Who - Quem?  | 10        |
| 1.3.3.5    | How - Como?  | 10        |
| 1.3.3.6    | How Much - Quanto?   | 11        |
| <b>1.4</b> | <b>Detalhamento do escopo</b>                              | <b>11</b> |
| 1.4.1      | Projeto  | 11        |
| 1.4.2      | Produto  | 11        |
| <b>1.5</b> | <b>Objetivos</b>   | <b>11</b> |
| 1.5.1      | Objetivo Geral   | 11        |
| 1.5.2      | Objetivos Específicos                                      | 12        |
| <b>1.6</b> | <b>Metodologia de gerenciamento</b>                        | <b>12</b> |
| 1.6.1      | EAP  | 14        |
| 1.6.2      | Plano de gerenciamento de tempo                            | 15        |
| 1.6.2.1    | Papeis e responsabilidades                                 | 15        |
| 1.6.2.2    | Cronograma   | 16        |
| 1.6.3      | Plano de gerenciamento de comunicação                      | 18        |
| 1.6.3.1    | Reuniões presenciais                                       | 18        |
| 1.6.3.2    | Ferramentas de comunicação                                 | 18        |
| 1.6.4      | Plano de gerenciamento de riscos                           | 19        |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>                                 | <b>21</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Exemplo Template</b>                                    | <b>21</b> |
| 2.1.1      | Exemplo Template   | 21        |
| <b>2.2</b> | <b>Fenômenos de Transporte de Calor (Exemplo Template)</b> | <b>21</b> |
| 2.2.1      | Convecção (Exemplo Template)                               | 21        |
| 2.2.2      | Radiação (Exemplo Template)                                | 21        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>2.3</b> | <b>Calorimetria (Exemplo Template)</b>   | <b>21</b> |
| 2.3.1      | Calor Sensível e Latente (Exemplo Template)  | 21        |
| <b>2.4</b> | <b>Framework Django (Exemplo Template)</b>   | <b>21</b> |
| <b>2.5</b> | <b>Microframework Flask (Exemplo Template)</b>   | <b>22</b> |
| <b>2.6</b> | <b>Sistema interno (Exemplo Template)</b>  | <b>22</b> |
| <b>2.7</b> | <b>Ergonomia de carregamento de peso (Exemplo Template)</b>  | <b>22</b> |
| <b>2.8</b> | <b>TERMOVIDA – Caixa térmica para transporte de órgãos para trans-<br/>plantes (Exemplo Template)</b>  | <b>22</b> |
| <b>3</b>   | <b>SOLUÇÃO PROPOSTA</b>  | <b>23</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Arquitetura de Software</b>   | <b>23</b> |
| 3.1.1      | Sistema Web  | 23        |
| 3.1.2      | Sistema Mobile   | 23        |
| 3.1.2.1    | Requisitos funcionais  | 23        |
| <b>3.2</b> | <b>Sistema de Refrigeração (Exemplo Template Solução Energia)</b>                                      | <b>23</b> |
| 3.2.1      | Dimensionamento do Sistema   | 23        |
| 3.2.1.1    | Cálculo de Carga Térmica   | 23        |
| 3.2.1.2    | Cálculo da energia e potência térmica da embalagem com solução Viaspan na<br>qual o órgão está contido | 23        |
| 3.2.2      | Cálculo da energia e potência térmica do alumínio da caixa interna                                     | 23        |
| 3.2.2.1    | Cálculo da resistência térmica ( $Rt$ ) e o coeficiente global de transferência de<br>calor ( $U$ )    | 23        |
| <b>3.3</b> | <b>Estrutura do Conjunto de Refrigeração</b>   | <b>24</b> |
| 3.3.1      | Sistema de proteção de componentes elétricos e eletrônicos   | 24        |
| 3.3.2      | Baterias   | 24        |
| 3.3.3      | Dimmer Microcontrolado   | 24        |
| 3.3.4      | Inversor   | 24        |
| 3.3.5      | Transformador  | 24        |
| 3.3.6      | Filtro de 60Hz   | 24        |
| <b>3.4</b> | <b>Estrutura (Exemplo solução estrutura Template)</b>  | <b>24</b> |
| 3.4.1      | Componentes Estruturais  | 24        |
| 3.4.1.1    | Compartimento de carga   | 24        |
| 3.4.1.2    | Câmara de Resfriamento   | 25        |
| 3.4.1.3    | Estrutura  | 25        |
| 3.4.2      | Simulação Computacional  | 25        |
| 3.4.2.1    | Análise Estrutural   | 25        |
| 3.4.2.2    | Simulação de Transferência de Calor  | 25        |
| <b>3.5</b> | <b>Sistemas Eletrônicos</b>  | <b>25</b> |
| 3.5.1      | Raspberry Pi 3 Model B Plus  | 26        |
| 3.5.2      | Sensor de nível de água eletrônico - ON/OFF - US23   | 27        |



|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 3.5.3      | Optoacoplador 4N25 . . . . .   | 28        |
| 3.5.4      | Relé . . . . .   | 29        |
| 3.5.5      | Conversor Analógico para Digital . . . . .                           | 30        |
| <b>3.6</b> | <b>Tabela de custos . . . . .</b>                                    | <b>31</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS . . . . .</b>  | <b>33</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Sistema de Comunicação(Exemplo Resultado Software) . . . . .</b>  | <b>33</b> |
| 4.1.1      | Visão Geral . . . . .  | 33        |
| 4.1.2      | API . . . . .  | 33        |
| <b>4.2</b> | <b>Sistema WEB . . . . .</b>   | <b>33</b> |
| 4.2.1      | Diagramas de Classe . . . . .  | 33        |
| 4.2.2      | Diagramas de Sequência . . . . .                                     | 33        |
| 4.2.3      | Histórias de usuário . . . . .                                       | 33        |
| 4.2.4      | Exemplo: Uma subseção para cada história . . . . .                   | 33        |
| <b>4.3</b> | <b>Sistema Mobile . . . . .</b>                                      | <b>33</b> |
| 4.3.0.1    | Deployment . . . . .   | 33        |
| <b>4.4</b> | <b>Sistema de Controle (Exemplo Resultados Eletrônica) . . . . .</b> | <b>34</b> |
| 4.4.1      | Sistema de controle de temperatura . . . . .                         | 34        |
| 4.4.2      | Sistema de proteção de componentes elétricos e eletrônicos . . . . . | 34        |
| <b>4.5</b> | <b>Alimentação (Exemplo resultado energia) . . . . .</b>             | <b>34</b> |
| 4.5.1      | Testes e Resultados do Sistema de Inversor . . . . .                 | 34        |
| 4.5.2      | Outros Testes Realizados . . . . .                                   | 34        |
| 4.5.3      | Dificuldades do projeto do inversor . . . . .                        | 34        |
| 4.5.4      | Inversor Implementado . . . . .                                      | 34        |
| 4.5.5      | Testes e Resultados do Sistema de Alimentação . . . . .              | 34        |
| <b>4.6</b> | <b>Estrutura (Exemplo Resultados Estrutura) . . . . .</b>            | <b>34</b> |
| 4.6.1      | Compartimento de carga . . . . .                                     | 34        |
| 4.6.1.1    | Requisitos . . . . .   | 34        |
| 4.6.1.2    | Design . . . . .   | 35        |
| 4.6.1.3    | Fabricação . . . . .   | 35        |
| 4.6.1.4    | Resultados . . . . .   | 35        |
| 4.6.2      | Câmara de Resfriamento . . . . .                                     | 35        |
| 4.6.2.1    | Requisitos . . . . .   | 35        |
| 4.6.2.2    | Design . . . . .   | 35        |
| 4.6.2.3    | Fabricação . . . . .   | 35        |
| 4.6.2.4    | Resultados . . . . .   | 35        |
| 4.6.3      | Estrutura . . . . .  | 35        |
| 4.6.3.1    | Requisitos . . . . .   | 35        |
| 4.6.3.2    | Fabricação . . . . .   | 35        |
| 4.6.3.3    | Resultados . . . . .   | 35        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.6.4    | Sistema de amortecimento . . . . .                        | 36        |
| 4.6.4.1  | Análise computacional de vibrações da estrutura . . . . . | 36        |
| 4.6.4.2  | Dimensionamento do coxim . . . . .                        | 36        |
| 4.6.4.3  | Teste e validação do sistema . . . . .                    | 36        |
| 4.6.5    | Simulação Computacional . . . . .                         | 36        |
| 4.6.5.1  | Análise Estrutural . . . . .                              | 36        |
| 4.6.5.2  | Simulação de Transferência de Calor . . . . .             | 36        |
| <b>5</b> | <b>ORÇAMENTO DO PROJETO . . . . .</b>                     | <b>37</b> |

# 1 Introdução

Ao longo dos anos, agricultores buscaram soluções para o cultivo em ambientes protegidos e seguros. Além disso, houve uma necessidade de produzir em períodos climáticos desfavoráveis, ter o melhor controle do plantio como um todo e realizar o desuso quanto aos agrotóxicos causadores de enfermidades. Essas causas, inspirou a realização de muito estudo para proteger o plantio dos danos causados pela natureza e para a não utilização de pesticidas, sendo estes responsáveis por doenças em consumidores. Motivou-se então a criação de um microclima adequado para o cultivo do plantio e tornar o desenvolvimento de hortaliças mais seguro e controlável.

## 1.1 Contexto

Um grupo de alunos de Engenharia da Universidade de Brasília do Campus do Gama propuseram desenvolver uma estufa hidropônica automatizada, nomeada como Greenhouse, capaz de manter as condições ideais para o cultivo de hortaliças, onde há a permissão do uso de configurações pré-definidas quanto a customização das condições internas, tendo então a disponibilidade do fornecimento de dados ao usuário através de uma interface local, um aplicativo mobile e um sistema web. O escopo não engloba a produção de plantas que não sejam hortaliças; a produção de hortaliças que não suportam um sistema de hidroponia; o controle da umidade; e a utilização em um ambiente aberto (i.e. outdoor).

## 1.2 Justificativa

O objetivo do projeto Greenhouse é fornecer a moradores de casas e apartamentos uma forma automatizada de cultivar hortaliças em suas residências. Isto irá permitir que, mesmo sem uma grande área dedicada, tempo, ou conhecimentos sobre cultivo, os usuários possam cultivar seus próprios produtos orgânicos para consumo próprio.

## 1.3 Escopo do projeto

### 1.3.1 Premissas

- O produto será utilizado exclusivamente para o cultivo de hortaliças.
- O produto será utilizado exclusivamente em um ambiente fechado (i.e. não será utilizado ao ar livre).

- O produto estará conectado a uma fonte de água.
- Não serão utilizados pesticidas nas hortaliças cultivadas no produto, ou na água utilizada pelo mesmo.

### 1.3.2 Restrições

- Irá controlar uma situação de um sistema especificamente hidropônico.
- O produto não poderá ser instalado em um sistema aberto (i.e. outdoor).

### 1.3.3 Mapeamento do modelo 5W2H

O projeto foi mapeado utilizando o modelo 5W2H, descrito a seguir.

#### 1.3.3.1 What - O quê?

- Um Plantário estufa automatizada.

#### 1.3.3.2 Why - Por quê?

- Facilitar e incentivar o cultivo caseiro.
- Reduzir gastos com hortaliças.
- Otimizar a utilização de espaço para cultivo.

#### 1.3.3.3 Where - Onde?

- Na UnB/FGA.
- No Galpão da UnB/FGA.
- Na residência de um ou mais membros.

#### 1.3.3.4 Who - Quem?

- Alunos dos cursos de Engenharia de Software, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Eletrônica, Engenharia Automotiva e Engenharia de Energia da UnB/FGA.

#### 1.3.3.5 How - Como?

- Por meio de pesquisas e pelos conhecimentos prévios dos membros da equipe de projeto com a orientação dos professores da disciplina de Projeto Integrador.

### 1.3.3.6 How Much - Quanto?

- O detalhamento dos custos do projeto pode ser visto na tabela 2.

## 1.4 Detalhamento do escopo

### 1.4.1 Projeto

A equipe Greenhouse pretende contornar as adversidades descritas ao realizar um controle do cultivo, ao constatar a praticidade e despreocupação do usuário final com relação ao desenvolvimento automatizado das hortaliças, além do controle do usuário para as mudanças pertinentes de cada espécie, notificando-o sempre que necessário para que o mesmo esteja ciente do monitoramento do plantio.

O público alvo do projeto são as pessoas preocupadas em produzir o cultivo de hortaliças em um local protegido e em fácil acesso, monitoramento e controle de seu equipamento, sendo este instalado em uma casa, apartamento ou em qualquer local que forneça suas especificações de dimensionamento e que tenha conexão a uma fonte de água.

### 1.4.2 Produto

O sistema de automatização da estufa irá controlar a temperatura e umidade interna, realizar a abertura automática da gaveta onde se comportará o sistema composto pelas hortaliças e monitorar nível da água, temperatura da água e pH da água.

O sistema funcionará da seguinte forma: o usuário prepara os sachês com substâncias específicas para a germinação, implementa a semente da hortaliça de acordo com as especificações ideais de plantio, informa no sistema web a espécie da hortaliça e acompanha o desenvolvimento da mesma por meio de gráficos e informações de uso disponíveis no sistema web, pois os dados coletados pelos sensores da estufa irá para o servidor web e estará disponível para o monitoramento de todos os dados previamente planejados e o controle de alguns dados específicos, caso não há internet no local de instalação da estufa, os dados estarão empilhados e disponíveis para o acompanhamento quando houver conexão de internet.

A estrutura completa terá dimensões ideais para sua instalação em apartamentos, casas e afins.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo Geral

Levando em consideração a dificuldade das pessoas em produzir hortaliças por meio do cultivo residencial, principalmente aquelas que convivem em residências privadas de

luz solar e jardinagem, o deferido trabalho propõe a criação de uma estufa hidropônica automatizada dando importância nos aspectos agrônômicos para que seja cultivado hortaliças sem dificuldades e que seja realizada a transparência do usuário com relação ao monitoramento e o controle de alguns parâmetros relevantes para o desenvolvimento das hortaliças.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

A partir das diretrizes acima, o presente trabalho determina que seja desenvolvido os seguintes quesitos a serem desenvolvidos:

- Produzir uma estrutura composta por um chassi externo isolado que irá conter uma área de cultivo, uma área do reservatório e uma área de iluminação.
- Realizar a comunicação com o sensor DHT22 para umidade relativa do ar e temperatura do ar.
- Realizar a comunicação com o sensor DS18B20 para temperatura da água.
- Realizar a comunicação com o sensor PCF8591 para leitura do PH e Luminosidade a partir de um Conversor A/D.
- Realizar a comunicação dos sensores de nível de água por meio de boias.
- A comunicação entre os sensores se torna necessário para o monitoramento dos parâmetros pertinentes.
- Projetar e implementar um sistema que irá realizar a coleta e envio de dados para uma plataforma Web e Mobile por meio de uma Raspberry Pi.
- Projetar e implementar um sistema Web e Mobile.
- Manter um ambiente ideal para o cultivo de diversas hortaliças.
- Otimizar condições internas da estufa para cultivos específicos a partir de um banco de dados

## 1.6 Metodologia de gerenciamento

Em decorrência do presente trabalho propor em planejar e produzir uma estufa hidropônica automatizada, há uma necessidade de utilizar uma metodologia específica para o gerenciamento do projeto como um todo, para que o planejamento do trabalho seja guiado na forma previamente produzida.

Sendo assim, a equipe irá utilizar a metodologia ágil, mais especificamente o SCRUM, sendo este responsável pela agregação eficiente do valor ao cliente, atrelado ao modelo do Guia PMBOK® que irá realizar toda a estrutura de gerenciamento de projeto para as áreas de conhecimento requisitadas na construção do projeto.

Os seguintes planos de gerenciamento serão produzidos para a construção do projeto:

- Plano de gerenciamento de tempo: Área que irá definir as atividades específicas do projeto, onde se estima a duração de cada atividade e onde as colocam em sequência cronológica, ao final é gerado um cronograma que ilustra todas as atividades e as datas de resolução das mesmas.
- Plano de gerenciamento de custos: Área que determina informações acerca das estimativas, orçamentos e controle dos custos do projeto, de modo que o projeto seja realizado dentro do orçamento estipulado.
- Plano de gerenciamento de riscos: Busca descrever os riscos que podem afetar o projeto, e realiza é realizado uma análise quantitativa e qualitativa do dos riscos.
- Plano de gerenciamento de comunicação: Área responsável por selecionar ferramentas de comunicação, definir um meio de comunicação que envolva todos os membros da equipe e agregar valor ao projeto por meio da intercomunicação dos stakeholders.
- Plano de gerenciamento de recursos humanos: É relatado os membros que irão atuar no planejamento e execução do projeto, os papéis e responsabilidades de cada um e busca resolver problemas entre os membros para melhorar o desempenho da equipe.

## 1.6.1 EAP

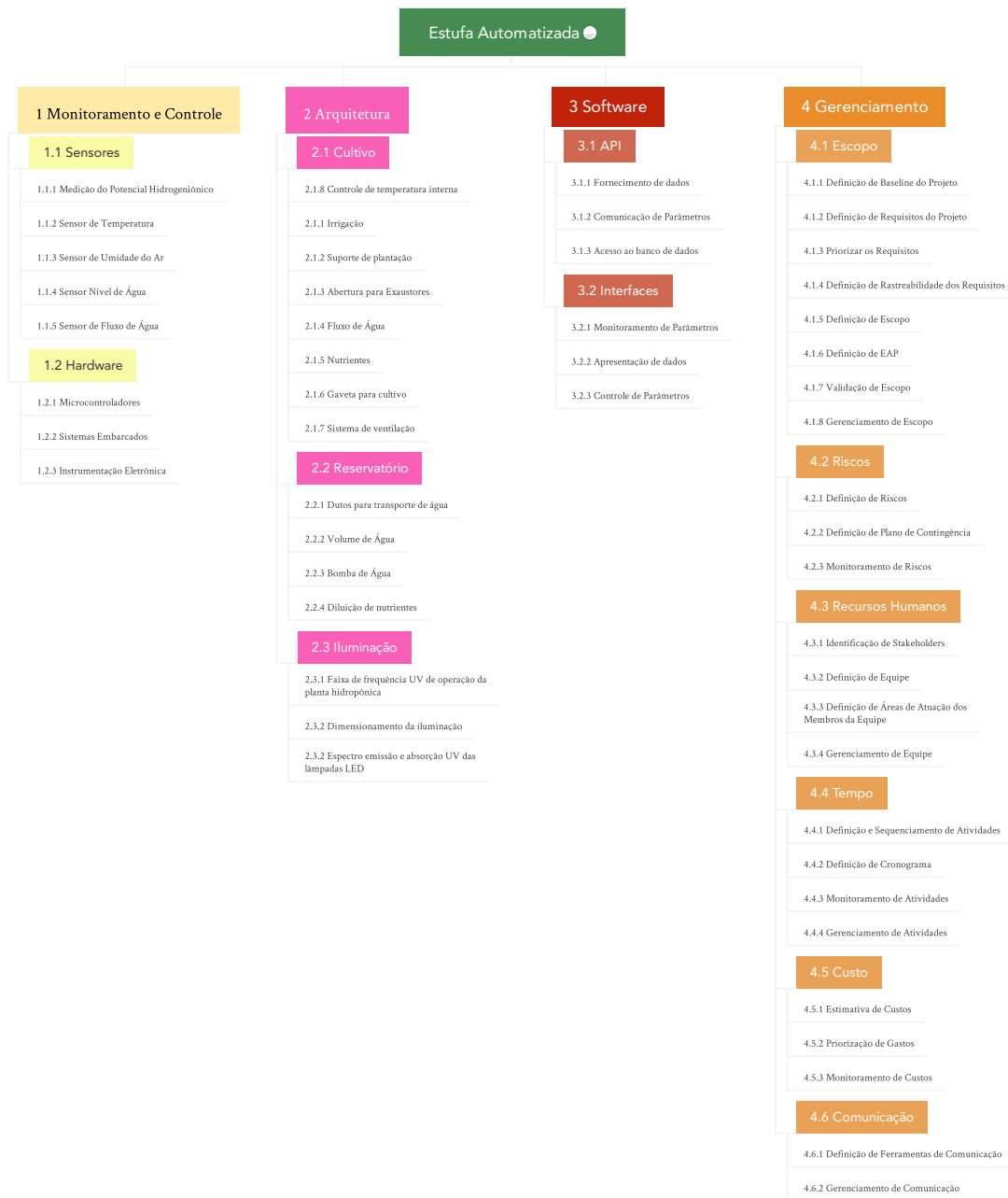


Figura 1 – EAP - estrutura analítica do projeto



## 1.6.2 Plano de gerenciamento de tempo

O gerenciamento do tempo se torna necessário no projeto pois desse modo será possível descrever os processos e atividades que deverão ser executadas do início ao fim do projeto, tendo em foco a garantia da execução das atividades nos prazos definidos previamente e que haja um controle cronológico da execução das atividades.

### 1.6.2.1 Papeis e responsabilidades

Os gerentes do projeto ficarão responsáveis pela avaliação de qualidade e melhoria contínua dos subsistemas do processo de integração e também pelo pleno funcionamento e testes dos subsistemas. Será feita uma validação com a equipe geral do projeto e em seguida a integração.

### 1.6.2.2 Cronograma



| Nome  | Data inicial | Data final |
|---|--------------|------------|
| Desenvolver Relatório 1   | 16/02/18     | 27/04/18   |
| Fase 1: Problemática  | 16/03/18     | 24/03/18   |
| Identificar escopo do projeto                                     | 16/03/18     | 19/03/18   |
| Produzir escopo   | 16/03/18     | 16/03/18   |
| Analisar a viabilidade técnica e financeira                       | 17/03/18     | 17/03/18   |
| Identificar requisitos (ou objetivos) funcionais e não funcionais | 18/03/18     | 18/03/18   |
| Refinar entendimento do problema                                  | 19/03/18     | 19/03/18   |
| Documentação  | 21/03/18     | 22/03/18   |
| Montar estrutura do relatório 1                                   | 21/03/18     | 21/03/18   |
| Relatar escopo  | 22/03/18     | 22/03/18   |
| Integração  | 23/03/18     | 24/03/18   |
| Unir informações de subsistemas                                   | 23/03/18     | 23/03/18   |
| Agendar encontros   | 24/03/18     | 24/03/18   |
| Fase 2: Concepção e detalhamento da solução                       | 16/02/18     | 27/04/18   |
| Detalhar escopo   | 16/03/18     | 18/03/18   |
| Criar Estrutura da EAP  | 16/03/18     | 17/03/18   |
| Definir pilares chaves  | 16/03/18     | 16/03/18   |
| Definir pacotes   | 17/03/18     | 17/03/18   |
| Definir Estrutura Analítica do Projeto                            | 18/03/18     | 18/03/18   |
| Definir Termo de Abertura do projeto                              | 25/03/18     | 26/03/18   |
| Definir requisitos do projeto                                     | 25/03/18     | 25/03/18   |
| Definir objetivos do projeto                                      | 25/03/18     | 26/03/18   |
| Planejamento da GreenHouse  | 25/03/18     | 25/03/18   |
| Definir propósito e justificativa do projeto                      | 26/03/18     | 26/03/18   |
| Desenvolver cronograma macro                                      | 25/03/18     | 25/03/18   |
| Desenvolver atividades de gerenciamento                           | 21/03/18     | 27/04/18   |
| Definir atividades de gerenciamento de custos                     | 23/03/18     | 26/03/18   |
| Estimar custos e orçamentos para a realização do projeto          | 23/03/18     | 23/03/18   |
| Selecionar ferramenta de software para gerenciamento financeiro   | 24/03/18     | 26/03/18   |
| Pesquisar ferramentas de gerenciamento financeiro                 | 24/03/18     | 24/03/18   |
| Avaliar ferramentas escolhidas                                    | 25/03/18     | 25/03/18   |
| Definir ferramenta para o gerenciamento financeiro                | 26/03/18     | 26/03/18   |
| Definir plano de gerenciamento do tempo                           | 27/03/18     | 27/04/18   |
| Definir atividades  | 27/03/18     | 27/03/18   |
| Definir sequenciamento das atividades                             | 28/03/18     | 30/03/18   |
| Produzir cronograma de atividades                                 | 31/03/18     | 27/04/18   |
| Definir plano de gerenciamento de riscos                          | 21/03/18     | 26/03/18   |
| Levantar riscos para a execução do projeto e avaliação do impacto | 21/03/18     | 23/03/18   |
| Realizar plano de contingências                                   | 24/03/18     | 26/03/18   |
| Definir plano de gerenciamento de RH                              | 16/03/18     | 18/03/18   |
| Alocar recursos humanos nos subsistemas                           | 16/03/18     | 18/03/18   |
| Definir pacotes de Monitoramento e Controle                       | 16/02/18     | 18/03/18   |
| Selecionar sensores de atuação                                    | 16/03/18     | 18/03/18   |
| Selecionar hardwares de atuação                                   | 16/02/18     | 18/02/18   |
| Definir pacotes de Arquitetura                                    | 16/02/18     | 25/02/18   |
| Selecionar pacotes de design                                      | 16/02/18     | 25/02/18   |
| Selecionar componentes para o cultivo                             | 16/02/18     | 25/02/18   |
| Selecionar componentes para o reservatório                        | 16/02/18     | 25/02/18   |
| Selecionar componentes para iluminação                            | 16/02/18     | 25/02/18   |
| Definir pacotes de Software                                       | 21/03/18     | 23/03/18   |
| Definir arquitetura da solução de software                        | 21/03/18     | 23/03/18   |
| Selecionar atividades para a construção da API                    | 21/03/18     | 23/03/18   |
| Selecionar atividades para a construção das interfaces            | 21/03/18     | 23/03/18   |
| Ponto de Controle 1   | 28/03/18     | 28/03/18   |

Figura 2 – Cronograma do projeto

|  |          |          |
|--|----------|----------|
| • Ponto de Controle 1  | 28/03/18 | 28/03/18 |
| ▢ • Desenvolver Relatório 2  | 29/03/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Fase 3: Projeto e construção de subsistemas da solução proposta                              | 29/03/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Construir projetos das soluções de engenharia  | 29/03/18 | 30/04/18 |
| ▢ • Projeto de Software  | 29/03/18 | 05/04/18 |
| • Fazer rastreabilidade de requisitos  | 29/03/18 | 05/04/18 |
| • Definir ferramentas de gerência de configuração de software de gerência de configuração de ... | 29/03/18 | 05/04/18 |
| ▢ • Projeto de Arquitetura   | 30/03/18 | 11/04/18 |
| • Projetar funcionamento de fluxo da água  | 30/03/18 | 10/04/18 |
| • Projetar funcionamento da ventilação   | 30/03/18 | 10/04/18 |
| • Projetar funcionamento da alimentação  | 30/03/18 | 10/04/18 |
| • Desenhar os CADs   | 02/04/18 | 11/04/18 |
| ▢ • Projeto de Monitoramento e Controle  | 29/03/18 | 30/04/18 |
| • Projetar arquitetura de software embarcado   | 29/03/18 | 10/04/18 |
| ▢ • Projetar hardwares para sensores   | 18/04/18 | 30/04/18 |
| • Projetar Sensor de Umidade e Temperatura do ar   | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor de Temperatura da Água   | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor de Potencial Hidrogeniônico  | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor Nível de Água  | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sensor Luminosidade   | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sistema de Monitoramento Visual   | 24/04/18 | 30/04/18 |
| ▢ • Projetar Hardwares para Atuação  | 04/04/18 | 30/04/18 |
| • Projetar Controle da Gaveta  | 04/04/18 | 13/04/18 |
| • Projetar Acionamento dos Coolers/Exaustores  | 18/04/18 | 24/04/18 |
| • Projetar Sistema de Substituição da Água   | 24/04/18 | 30/04/18 |
| ▢ • Construir componentes e/ou subsistemas   | 06/04/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Solução de Software  | 06/04/18 | 25/04/18 |
| • Desenvolver Histórias de Usuários  | 06/04/18 | 25/04/18 |
| ▢ • Solução de Arquitetura   | 11/04/18 | 16/05/18 |
| • Construir funcionamento de fluxo da água   | 11/04/18 | 16/05/18 |
| • Construir funcionamento de ventilação  | 11/04/18 | 16/05/18 |
| • Construir funcionamento de alimentação   | 11/04/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Construir chassi   | 11/04/18 | 13/04/18 |
| • Comprar materiais  | 11/04/18 | 12/04/18 |
| • Procurar profissional terceirizado   | 11/04/18 | 12/04/18 |
| • Iniciar fabricação   | 13/04/18 | 13/04/18 |
| • Entregar chassi pronto   | 13/04/18 | 13/04/18 |
| • Fazer simulações estruturais   | 11/04/18 | 18/04/18 |
| ▢ • Construir parte externa  | 19/04/18 | 11/05/18 |
| • Comprar materiais  | 19/04/18 | 26/04/18 |
| • Procurar profissional terceirizado   | 19/04/18 | 26/04/18 |
| • Iniciar fabricação   | 27/04/18 | 11/05/18 |
| • Fazer teste estrutural   | 11/05/18 | 11/05/18 |
| • Entregar toda a estrutura pronta   | 16/05/18 | 16/05/18 |

Figura 3 – Cronograma do projeto

|  |          |          |
|--|----------|----------|
| • Entregar toda a estrutura pronta                             | 16/05/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Solução de Monitoramento e Controle                        | 14/04/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Construir hardwares para sensores                          | 25/04/18 | 15/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico     | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição do Nível de Água                | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar  | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição da Temperatura da Água          | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Construir Sistema de Medição da Iluminação                   | 02/05/18 | 08/05/18 |
| • Construir Sistema de Monitoramento Visual                    | 02/05/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Programar sistemas embarcados                              | 25/04/18 | 15/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico     | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição do Nível de Água                | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar  | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição da Temperatura da Água          | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Medição da Iluminação                   | 02/05/18 | 08/05/18 |
| • Programar Sistema de Monitoramento Visual                    | 02/05/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Programar Atuadores de Controle                            | 14/04/18 | 06/05/18 |
| • Programar Controle da Gaveta                                 | 14/04/18 | 18/04/18 |
| • Programar Acionamento dos Coolers/Exaustores                 | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Sistema de Substituição da Água                    | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Programar Controle da Iluminação Interna                     | 30/04/18 | 06/05/18 |
| ▢ • Testar componentes/subsistemas da solução                  | 14/04/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Testar Sistema de Monitoramento e Controle                 | 25/04/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Testar Sistema de Sensores                                 | 25/04/18 | 15/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição de Potencial Hidrogeniônico        | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição do Nível de Água                   | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição da Umidade e Temperatura do Ar     | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição da Temperatura da Água             | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Medição da Iluminação                      | 02/05/18 | 08/05/18 |
| • Testar Sistema de Monitoramento Visual                       | 02/05/18 | 15/05/18 |
| ▢ • Testar Atuadores   | 14/04/18 | 06/05/18 |
| • Testar Controle da Gaveta                                    | 14/04/18 | 18/04/18 |
| • Testar Acionamento dos Coolers/Exaustores                    | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Sistema de Substituição da Água                       | 25/04/18 | 01/05/18 |
| • Testar Controle da Iluminação Interna*                       | 30/04/18 | 06/05/18 |
| • Avaliar Resultados   | 05/05/18 | 15/05/18 |
| • Ponto de Controle 2  | 16/05/18 | 16/05/18 |
| ▢ • Desenvolver Relatório 3                                    | 17/05/18 | 22/06/18 |
| ▢ • Fase 4: Integração de subsistemas e finalização do produto | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Projetar integração das soluções                             | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Integrar subsistemas   | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Testar integração dos subsistemas                            | 17/05/18 | 22/06/18 |
| • Ponto de Controle 3  | 22/06/18 | 22/06/18 |

Figura 4 – Cronograma do projeto

### 1.6.3 Plano de gerenciamento de comunicação

Durante a execução do projeto, a comunicação do grupo será realizada por meio de duas formas principais: reuniões físicas, utilização de ferramentas de comunicação.

#### 1.6.3.1 Reuniões presenciais

Serão realizadas reuniões presenciais entre os membros da equipe de projeto duas vezes por semana. Tais reuniões serão devidamente documentadas por meio de pautas, seguindo um modelo pré-estabelecido pela equipe.

#### 1.6.3.2 Ferramentas de comunicação

Durante a execução do projeto, serão utilizadas ferramentas de comunicação e gerenciamento de projeto, tanto para permitir a fácil transmissão de informações entre os membros da equipe, quanto para o acompanhamento e monitoramento do trabalho. As ferramentas utilizadas são apresentadas a seguir:

- Slack: Utilizada como principal meio de comunicação da equipe, a ferramenta Slack permite a criação de diversos canais dentro de um mesmo projeto. Estes canais serão utilizados para facilitar o gerenciamento das comunicações, havendo um canal

específico para cada subárea do projeto, além de um canal geral. O Slack permite também a integração com diversas ferramentas de gerenciamento de projetos, tais como o Trello e bots.

- Trello: Para o gerenciamento e acompanhamento do projeto, será utilizado um board da ferramenta Trello, que permite a definição de tarefas a serem executadas. Por meio da criação de listas, é possível acompanhar o andamento do projeto. Tais listas evidenciam as atividades que se encontram no backlog, as que estão sendo executadas no momento, as que aguardam algum tipo de validação, entre outros estados de completude que a equipe julgar necessário evidenciar. Além disso, o Trello permite observar quem são os membros responsáveis pela execução de cada atividade.
- Geekbot: O Geekbot é uma ferramenta de questionários automatizados que podem ser enviados diariamente aos membros da equipe pela ferramenta Slack. A partir da definição de um questionário simples e de um canal para a postagem das respostas no Slack, é possível acompanhar as atividades diárias referentes ao projeto dos membros da equipe de forma individual, facilitando o gerenciamento de atividades.
- Google Drive: Para o armazenamento e edição de documentos pertinentes ao projeto, será utilizada a ferramenta Google Drive. A partir dela, é possível que documentos e arquivos sejam compartilhados entre todos os membros da equipe de forma organizada e instantânea. Além disso, é possível a edição conjunta de documentos, o que facilita o desenvolvimento de artefatos necessários para o desenvolvimento do projeto.

#### 1.6.4 Plano de gerenciamento de riscos

Espaço reservado para Plano de gerenciamento de riscos.



## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Exemplo Template

Texto a ser redigido.

#### 2.1.1 Exemplo Template

Texto a ser redigido.

Figura 5 – Mecanismos de transferência de calor

### 2.2 Fenômenos de Transporte de Calor (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

#### 2.2.1 Convecção (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

#### 2.2.2 Radiação (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

Figura 6 – Mecanismos de transferência de calor

### 2.3 Calorimetria (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

#### 2.3.1 Calor Sensível e Latente (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

### 2.4 Framework Django (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

## 2.5 Microframework Flask (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

## 2.6 Sistema interno (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

## 2.7 Ergonomia de carregamento de peso (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.

## 2.8 TERMOVIDA – Caixa térmica para transporte de órgãos para transplantes (Exemplo Template)

Texto a ser redigido.



## 3 Solução Proposta

### 3.1 Arquitetura de Software

Espaço reservado para Arquitetura de Software.

#### 3.1.1 Sistema Web

Espaço reservado para Sistema Web.

#### 3.1.2 Sistema Mobile

Espaço reservado para Sistema Web.

##### 3.1.2.1 Requisitos funcionais

Espaço reservado para Requisitos funcionais.

### 3.2 Sistema de Refrigeração (Exemplo Template Solução Energia)

Texto a ser redigido.

#### 3.2.1 Dimensionamento do Sistema

##### 3.2.1.1 Cálculo de Carga Térmica

Texto a ser redigido.

##### 3.2.1.2 Cálculo da energia e potência térmica da embalagem com solução Viaspan na qual o órgão está contido

Texto a ser redigido.

#### 3.2.2 Cálculo da energia e potência térmica do alumínio da caixa interna

Texto a ser redigido.

##### 3.2.2.1 Cálculo da resistência térmica ( $Rt$ ) e o coeficiente global de transferência de calor ( $U$ )

Texto a ser redigido.

### 3.3 Estrutura do Conjunto de Refrigeração

Texto a ser redigido.

#### 3.3.1 Sistema de proteção de componentes elétricos e eletrônicos

Texto a ser redigido.

#### 3.3.2 Baterias

Texto a ser redigido.

#### 3.3.3 Dimmer Microcontrolado

Texto a ser redigido.

#### 3.3.4 Inversor

Texto a ser redigido.

#### 3.3.5 Transformador

Texto a ser redigido.

#### 3.3.6 Filtro de 60Hz

Texto a ser redigido.

### 3.4 Estrutura (Exemplo solução estrutura Template)

Texto a ser redigido.

#### 3.4.1 Componentes Estruturais

Texto a ser redigido.

##### 3.4.1.1 Compartimento de carga

Texto a ser redigido.

#### Requisitos

Texto a ser redigido.

#### 3.4.1.2 Câmara de Resfriamento

Texto a ser redigido.

##### Requisitos

Texto a ser redigido.

##### Design

Texto a ser redigido.

##### Fabricação

Texto a ser redigido.

#### 3.4.1.3 Estrutura

Texto a ser redigido.

### 3.4.2 Simulação Computacional

Texto a ser redigido.

#### 3.4.2.1 Análise Estrutural

Texto a ser redigido.

#### 3.4.2.2 Simulação de Transferência de Calor

Texto a ser redigido.

## 3.5 Sistemas Eletrônicos

Texto a ser redigido.

### 3.5.1 Raspberry Pi 3 Model B Plus

A Raspberry Pi é um microcomputador sistema operacional Linux, que foi escolhida para ter o programa embarcado que controla e monitoriza a estufa devido a facilidade de acesso aos seus pinos GPIO para conectar diversos sensores e atuadores, como ela já tem conectividade Wi-Fi, será facilmente facilmente conectada a internet apenas acessando a rede local do usuário e ela já tem autorização pela Anatel, com suas entradas USB, é possível conectar uma câmera USB e utilizá-la para monitorizar a estufa. [RASPBERRY PI FOUNDATION, 2018]

Especificações:

- Raspberry Pi 3 Model B Anatel
- Processador Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 Cortex-A53 Quad-Core
- Clock 1.2 GHz
- Memória RAM: 1GB
- Adaptador Wifi 802.11n integrado
- Bluetooth 4.1 BLE integrado
- Conector de vídeo HDMI
- 4 portas USB 2.0
- Conector Ethernet
- Interface para câmera (CSI)
- Interface para display (DSI)
- Slot para cartão microSD
- Conector de áudio e vídeo
- GPIO de 40 pinos
- Número de homologação Anatel: 04908-17-10629
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm[1]

### 3.5.2 Sensor de nível de água eletrônico - ON/OFF - US23

Este sensor de nível é uma chave ON/OFF (Liga/desliga) que muda o estado de aberto para fechado quando a água atinge certo nível e abre quando o nível da água fica abaixo de outro determinado nível. Este sensor pode chavear diretamente cargas de até 10W 220V, como bobinas de contadores ou pequenas lâmpadas de sinalização. No caso do projeto da estufa, ele irá chavear uma tensão de 3.3 V e corrente de 3.3 mA, garantida por um resistor de 10K $\Omega$ .

E serão utilizadas duas boias na seguinte disposição da figura 1. [EICOS SENSORES, 2018]

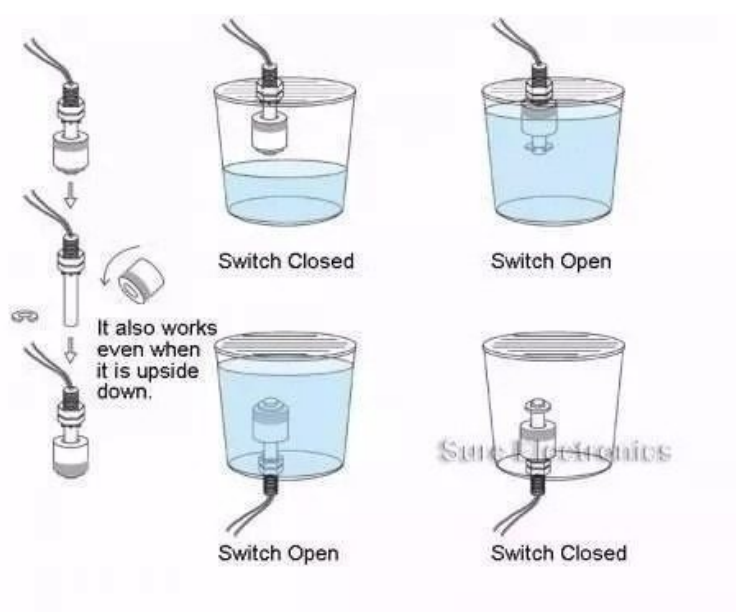


Figura 7 – Disposição das Boias no Reservatório

Uma ao fundo para definir se o nível da água está baixo e um em cima definir o nível de água baixo. A leitura do estado dos sensores será feita através do pino GPIO, onde o estado HIGH (tensão de 3.3V ) indica que o sensor foi ativado e o estado LOW (tensão de 0V) indica que ele está desativado. [EICOS SENSORES, 2018]

Este sensor de nível utiliza um sensor magnético e não mercúrio que seria prejudicial à saúde. [EICOS SENSORES, 2018]

Características:

- Raspberry Pi 3 Model B Anatel
- Comprimento do cabo: 36cm
- Máxima potência da carga: 10W
- Máxima tensão: 220V DC

- Máxima corrente de chaveamento: 0.5A
- Máxima corrente de carga: 1A
- Resistência do contato: 0.1  $\Omega$
- Temperatura de trabalho: -10°C + 60°C
- Dimensões da boia: 23mm x 22mm
- Comprimento do sensor: 57mm
- Diâmetro do eixo: 8mm
- Diâmetro da rosca: 9mm

### 3.5.3 Optoacoplador 4N25

São dispositivos de proteção em circuitos eletrônicos que precisam trabalhar com diferentes tensões. No projeto da estufa eles serão utilizados para conectar a Raspberry a dispositivos que trabalham com tensão diferente de 3.3V, que é a tensão dos pinos GPIO, e para evitar uma sobrecarga de corrente nela. [VISHAY SEMICONDUCTORS]

O optoacoplador escolhido foi 4N25, que é constituído por um diodo emissor de luz e um foto transistor bipolar. E funciona como mostrado na figura abaixo:

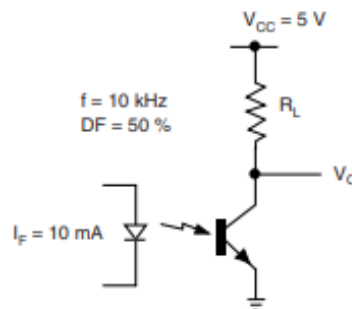


Figura 8 – Funcionamento do optoacoplador

A Raspberry irá controlar o LED interno do optoacoplador, quando o LED está aceso o transistor é “ativado” e permite a passagem de corrente através dele. E quando o LED está apagado o transistor fica em situação de corte e não permite a passagem de corrente. Para o projeto da estufa foi confeccionada uma placa com 8 optoacopladores, figura 3, que serão conectados aos relés que garantirão uma proteção a mais para o circuito. [VISHAY SEMICONDUCTORS]

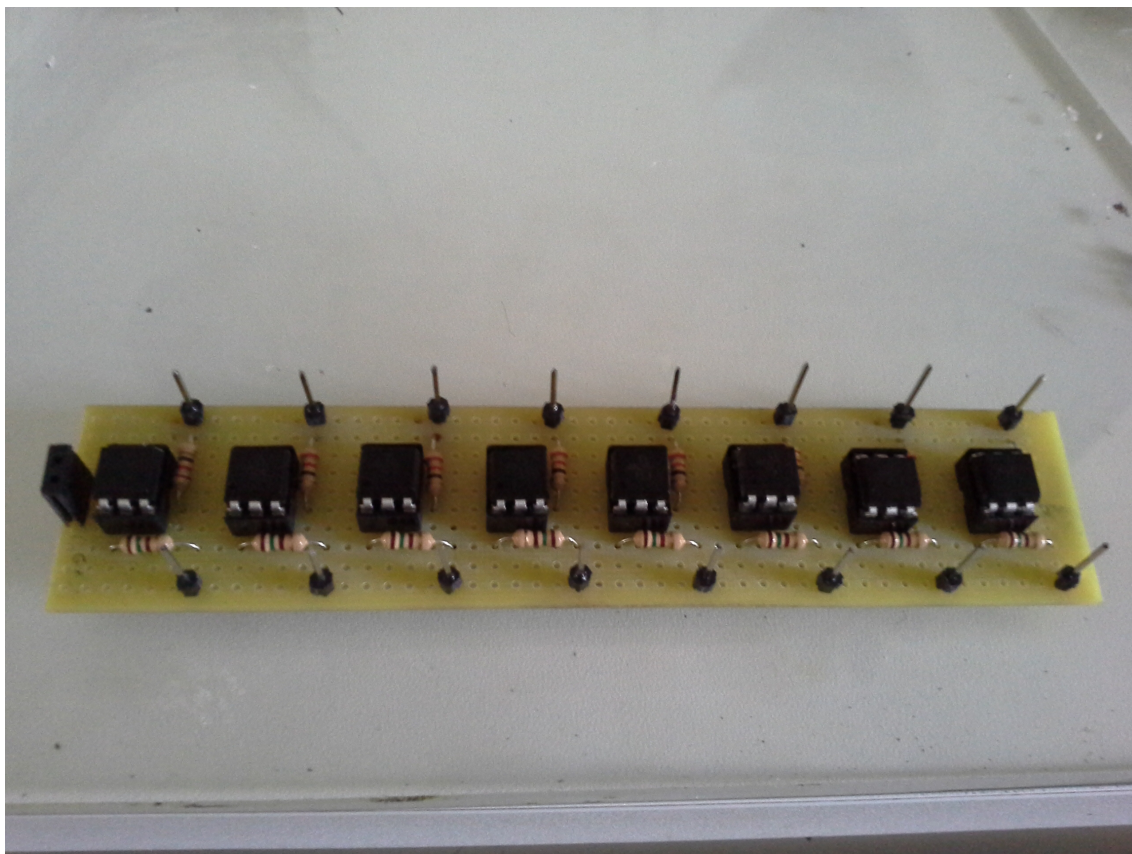


Figura 9 – Optoacopladores

#### 3.5.4 Relé

Os relés basicamente são dispositivos elétricos que tem como função produzir modificações súbitas, porém predeterminadas em um ou mais circuitos elétricos de saída. O relé tem um circuito de comando, que no momento em que é alimentado por uma corrente, aciona um eletroímã que faz a mudança de posição de outro par de contadores, que estão ligados a um circuito ou comando secundário. Resumidamente podemos dizer que todo relé se configura como um contato que abre e fecha de acordo com algum determinado fator ou configuração. Alguns relés são bem pequenos e fáceis de serem manipulados, testados e trocados, justamente por existir vários tipos de construções mecânicas para relés. [Braga, 2012]

O relé é um componente eletromecânico, ou seja, ele conta com uma parte mecânica de contato e o acionamento ocorre através da corrente elétrica em uma bobina. Na imagem abaixo é possível visualizar todos os componentes de um relé eletromecânico. [Braga, 2012]

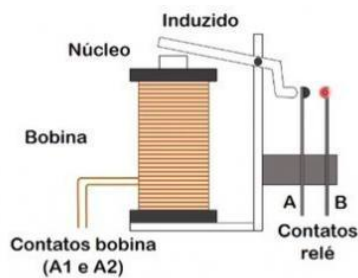


Figura 10 – Relé Internamente

No projeto da estufa os relé serão utilizados para acionar as 3 bombas de água responsáveis pela circulação de água, os coolers de circulação de ar, as válvulas solenóides que controlam a torça de água do reservatório, as lâmpadas da estufa e o compressor de ar do reservatório de água. Como serão vários dispositivos e conseqüentemente vários relés, o grupo optou por comprar um módulo relé de 8 canais.[Braga, 2012]

Ele será ativado pelo pinos GPIO da Raspberry Pi, que estarão isolados por um optoacoplador.

### 3.5.5 Conversor Analógico para Digital

A Raspberry Pi não possui conversor AD integrado, como alguns microcontroladores, e alguns dos sensores utilizados no projeto precisam de um, pois apresentam seus dados de forma analógica. Para contornar essa dificuldade haviam duas possibilidades, utilizar um microcontrolador com conversor analógico integrado e realizar a comunicação do mesmo com a Raspberry, ou conectar um conversor AD diretamente a Raspberry. A opção escolhida pelo grupo foi a segunda, pelo baixo custo e pela oportunidade de aprender a utilizar um conversor AD pelos membros do grupo de eletrônica.[NXP, 2013]

O conversor escolhido foi PCF8591, que é um dispositivo de aquisição de dados CMOS de 8 bits de alimentação única e baixo consumo de energia, com quatro entradas analógicas, uma saída analógica e uma interface de barramento I2C serial. Três pinos de endereço A0, A1 e A2 são usados para programar o endereço de hardware, permitindo o uso de até oito dispositivos conectados ao barramento I2C sem hardware adicional. O endereço, o controle e os dados do dispositivo são transferidos serialmente por meio do barramento I2C bidirecional de duas linhas.[NXP, 2013]

As funções do dispositivo incluem multiplexação de entrada analógica, função de faixa e retenção no chip, conversão de analógico para digital de 8 bits e conversão de digital para analógico de 8 bits. A taxa de conversão máxima é dada pela velocidade máxima do barramento I2C.[NXP, 2013]

O esquemático do circuito do conversor AD se encontra na figura abaixo:



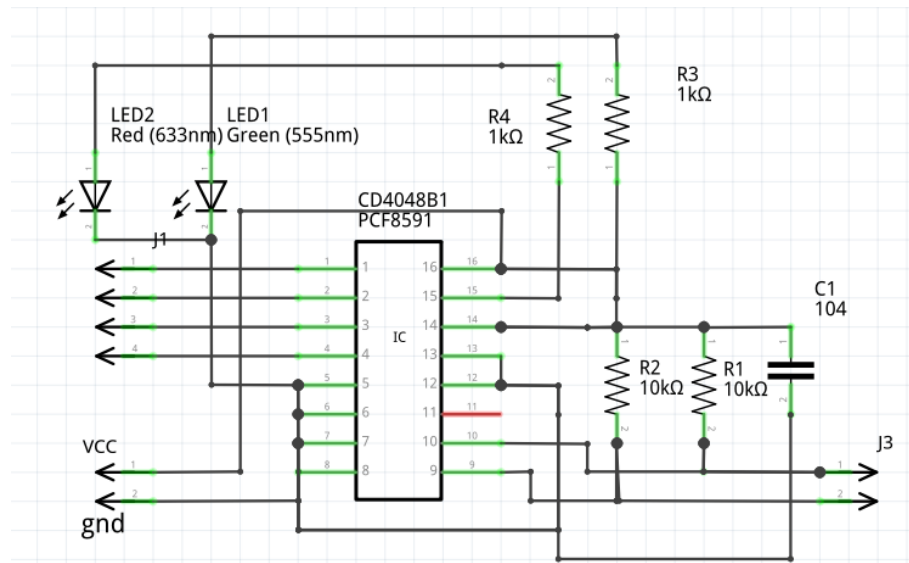


Figura 11 – Circuito PCF8591

Para realizar a leitura dos dados obtidos nas suas entradas analógicas foi necessário importar a biblioteca `smbus`. [NXP, 2013]

Para testar seu funcionamento foi utilizado um potenciômetro de  $10K\Omega$ , que variava a tensão de entrada no pino A0 do conversor entre 0V e 5V. O resultado obtido foi satisfatório com precisão de 0.01 V.

### 3.6 Tabela de custos

Figura 12 – Tabela de custos



## 4 Resultados

### 4.1 Sistema de Comunicação(Exemplo Resultado Software)

Texto a ser redigido.

#### 4.1.1 Visão Geral

Texto a ser redigido.

#### 4.1.2 API

Texto a ser redigido.

### 4.2 Sistema WEB

Texto a ser redigido.

#### 4.2.1 Diagramas de Classe

Texto a ser redigido.

#### 4.2.2 Diagramas de Sequência

Texto a ser redigido.

#### 4.2.3 Histórias de usuário

Texto a ser redigido.

#### 4.2.4 Exemplo: Uma subseção para cada história

Texto a ser redigido.

### 4.3 Sistema Mobile

Texto a ser redigido.

#### 4.3.0.1 Deployment

Texto a ser redigido.

## 4.4 Sistema de Controle (Exemplo Resultados Eletrônica)

### 4.4.1 Sistema de controle de temperatura

Texto a ser redigido.

### 4.4.2 Sistema de proteção de componentes elétricos e eletrônicos

Texto a ser redigido.

## 4.5 Alimentação (Exemplo resultado energia)

### 4.5.1 Testes e Resultados do Sistema de Inversor

Texto a ser redigido.

### 4.5.2 Outros Testes Realizados

Texto a ser redigido.

### 4.5.3 Dificuldades do projeto do inversor

Texto a ser redigido.

### 4.5.4 Inversor Implementado

Texto a ser redigido.

### 4.5.5 Testes e Resultados do Sistema de Alimentação

Texto a ser redigido.

## 4.6 Estrutura (Exemplo Resultados Estrutura)

Texto a ser redigido.

### 4.6.1 Compartimento de carga

Texto a ser redigido.

#### 4.6.1.1 Requisitos

Texto a ser redigido.

#### 4.6.1.2 Design

Texto a ser redigido.

#### 4.6.1.3 Fabricação

Texto a ser redigido.

#### 4.6.1.4 Resultados

Texto a ser redigido.

### 4.6.2 Câmara de Resfriamento

Texto a ser redigido.

#### 4.6.2.1 Requisitos

Texto a ser redigido.

#### 4.6.2.2 Design

Texto a ser redigido.

#### 4.6.2.3 Fabricação

Texto a ser redigido.

#### 4.6.2.4 Resultados

Texto a ser redigido.

### 4.6.3 Estrutura

Texto a ser redigido.

#### 4.6.3.1 Requisitos

Texto a ser redigido.

#### 4.6.3.2 Fabricação

Texto a ser redigido.

#### 4.6.3.3 Resultados

Texto a ser redigido.

#### 4.6.4 Sistema de amortecimento

Texto a ser redigido.

##### 4.6.4.1 Análise computacional de vibrações da estrutura

Texto a ser redigido.

##### 4.6.4.2 Dimensionamento do coxim

Texto a ser redigido.

##### 4.6.4.3 Teste e validação do sistema

Texto a ser redigido.

#### 4.6.5 Simulação Computacional

##### 4.6.5.1 Análise Estrutural

Texto a ser redigido.

##### 4.6.5.2 Simulação de Transferência de Calor

Texto a ser redigido.

## 5 Orçamento do Projeto

Figura 13 –

Figura 14 –

Figura 15 –