



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA
(ÊNFASE EM ELETRÔNICA E TELECOMUNICAÇÕES)**

**ALAN BADENAS DOS SANTOS
RAFAEL GOES BARRETO**

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTUFA
AUTOMATIZADA PARA PLANTAS**

RELATÓRIO DE PROJETO FINAL

**CURITIBA
2012**

**ALAN BADENAS DOS SANTOS
RAFAEL GOES BARRETO**

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTUFA
AUTOMATIZADA PARA PLANTAS**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia industrial elétrica com ênfase em eletrônica
e telecomunicações, do Departamento de Eletrônica, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Raimundo Erig Lima

**CURITIBA
2012**

**ALAN BADENAS DOS SANTOS
RAFAEL GOES BARRETO**

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTUFA
AUTOMATIZADA PARA PLANTAS**

Esta monografia foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Bacharel** no **Curso de Engenharia Elétrica(ênfase em telecomunicações e eletrônica)** da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, 18 de Outubro de 2012

Prof. Dr. Hilton José Silva de Azevedo
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Raimundo Erig Lima
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Orientador

Prof. Dr. Dario Eduardo Amaral Dergint
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Dr. Paulo César Stadzisz
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Dedicamos este trabalho à nossas famílias, pelo apoio e encorajamento durante esses anos de universidade.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente ao nosso orientador Professor Dr. Carlos Raimundo Erig Lima, que nos ajudou com a idéia inicial do projeto e com os sensores utilizados.

Agradecemos enormemente também ao Professor Dr. Paulo Cezar Stadzisz pelo suporte dado à equipe, o qual sem ele talvez esse projeto não tivesse se concretizado.

Agradecemos ao nosso amigo Jean Michel Wolf por ter ajudado na materialização da estufa.

Por fim, somos eternamente gratos a todos nossos professores que nos ensinaram durante esse curso de engenharia.

RESUMO

BARRETO, Rafael Goes; SANTOS, Alan Badenas dos. **Projeto e Desenvolvimento de uma Estufa Automatizada para Plantas**. 2012. 74 folhas. Trabalho de Conclusão e Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrônica e Telecomunicações) - Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2012.

O cultivo de plantas em estufas é vastamente utilizado por permitir o aumento da produtividade agrícola, assim como viabilizar o cultivo de diversas plantas exóticas, proporcionando um microclima que satisfaça a necessidade de determinada produção agrícola. O objetivo desse projeto é o desenvolvimento de uma estufa automatizada capaz de realizar o controle de importantes fatores na criação de plantas, tais como: irrigação, temperatura, umidade e ventilação. Para se atingir o objetivo, as seguintes etapas foram necessárias: planejamento, escolha dos materiais, desenvolvimento de software, montagem e testes. O sistema central é caracterizado pela placa *FriendlyArmTiny 6410* que contém um processador ARM 11, com Interface Homem-Máquina desenvolvida considerando uma tela sensível ao toque e um *mouse* já embutidos na placa. O sistema de controle da Estufa permite o armazenamento e recuperação de diferentes configurações, habilitando o uso da estufa com diferentes tipos de plantas. Como resultado, o projeto, após a etapa de testes, atingiu os objetivos controlando a temperatura e umidade conforme solicitado pelo usuário e ventilou e irrigou de forma programada.

Palavras-chave: Estufas, Controle de Estufas, Interface, Plantas, Estufa Automatizada.

ABSTRACT

BARRETO, Rafael Goes; SANTOS, Alan Badenas dos. **Project and Development of an Automated Greenhouse for Plants**. 2012. 74 folhas. Trabalho de Conclusão e Curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica com Ênfase em Eletrônica e Telecomunicações) - Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2012.

The cultivation of plants in greenhouses is widely used because it allows the increasing of agricultural productivity, as well as it makes possible growing of various exotics plants, providing a microclimate that satisfies the necessity for certain agricultural production. The objective of this project is the development of a greenhouse capable of performing automated control of important factors in plants breeding as: irrigation, temperature, humidity and ventilation. To achieve the goal, the following steps were necessary: planning, choose the materials, software development, installation and testing. The central system consists of a FriendlyArm Tiny 6410 board that contain an ARM 11 processor, with Human Machine Interface developed considering a touch screen and a mouse already built into the board. The control system of the greenhouse allows users to save and load different configurations of control, enabling the use of the greenhouse for different kinds of plants. As a result, the project achieved the objectives by controlling the temperature and humidity as requested by the user besides ventilating and watering as programmed.

Keywords: Greenhouse, Greenhouse Control, Interface, Plants, Automated Greenhouse.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tipos de estufas quanto a sua forma e tamanho. Esquema de uma estufa de linhas retas (A). Estufas de linhas curvas (B). Estrutura de estufa com inclinação lateral diferente da lateral contrária da estrutura (C). Esquema de estufa elíptico (D). Fonte: Adaptado de CERMEÑO (2005. p. 55,57,60,77).	20
Figura 2: Comprimento de onda da luz. Fonte: Adaptado de (CERMEÑO, 2005).	24
Figura 3: Espectros de ondas. Fonte: Adaptado de (CERMEÑO, 2005)	24
Figura 4: Diagrama de Blocos da estufa	27
Figura 5: Placa FriendlyARMTiny 6410	29
Figura 6: Sensor SHT1X	29
Figura 7: Exemplo de comunicação com o sensor	36
Figura 8: Tela inicial	38
Figura 9: Tela de configuração de irrigação.....	38
Figura 10: Tela de configuração de temperatura.....	39
Figura 11: Tela de configuração de umidade.....	39
Figura 12: Tela de configuração de horário	40
Figura 13: Ligação das barras de sustentação	40
Figura 14: Estufa montada	41
Figura 15: Circuito ULN2003	43
Figura 16: Circuito ULN2003 com relé	43
Figura 17: Circuito L293 (motor bidirecional)	44
Figura 18: Diagrama de estados simplificado	45
Figura 19: Resultado das plantas desenvolvidas na estufa.....	48
Figura 20: Gráfico Tempo x Temperatura.....	49

Figura 21: Gráfico Tempo x Umidade50

Figura 22: Gráfico Tempo x Temperatura.....51

Figura 23: Gráfico Tempo x Umidade51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação entre espécies vegetais e faixas de temperatura consideradas ótimas para seu desenvolvimento.	21
Tabela 2: Relação entre espécies vegetais e faixas de umidade relativa do ar indicadas para seu crescimento.	22
Tabela 3: Análise de Mercado.....	59
Tabela 4: Quadro Pessoal	67
Tabela 5: Despesas iniciais do escritório	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Efeitos das radiações. Fonte: Adaptado de (CERMEÑO, 2005).....	25
Quadro 2: Código de escrita de byte	34
Quadro 3: Código de leitura de byte	35
Quadro 4: Cálculo da temperatura e umidade	36
Quadro 5: Mapeamento dos pinos	42
Quadro 6: Dados teste dia frio	49
Quadro 7: Dados teste dia quente	50
Quadro 8: Cronograma inicial	53
Quadro 9: Cronograma realizado	54
Quadro 10: Receita Projetada	65
Quadro 11: Fluxo de caixa projetado	69

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
C#	C Sharp
RTOS	Sistemas Operacionais em Tempo Real
WinCE	Windows CE
BSP	Board Support Package
Portas I/O	Portas Input/Output
DLL	Dinamic Link Library
GPIO	General Purpose Input/Output
LCD	Liquid Crystal Display
PWM	Pulse-Width Modulation

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	8
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE SIGLAS	12
SUMÁRIO	13
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 OBJETIVO GERAL	17
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5 METODOLOGIA	17
1.6 ESTRUTURA	18
2 CULTIVO DE PLANTAS EM ESTUFAS	19
2.1 FATORES CLIMÁTICOS	20
2.1.1 TEMPERATURA	20
2.1.2 UMIDADE	22
2.1.3 VENTILAÇÃO	23
2.1.4 LUMINOSIDADE	23
2.1.5 IRRIGAÇÃO E ASPERÇÃO	25
3 Desenvolvimento da estufa automatizada	26
3.1 COMPONENTES E MATERIAIS	28
3.2 PREPARAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE	31
3.2.1 INSTALAÇÃO DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO	31
3.2.2 DESENVOLVIMENTO DE <i>DEVICE DRIVER</i>	32
3.2.3 CONFIGURAÇÃO E COMPILAÇÃO DO KERNEL DO WINCE	33

3.3	DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE	34
3.3.1	COMUNICAÇÃO I2C COM O SENSOR.....	34
3.3.2	INTERFACE COM O USUÁRIO.....	37
3.4	MATERIALIZAÇÃO DA ESTUFA	40
3.5	INTERAÇÃO DOS SISTEMAS.....	42
3.5.1	DRIVERS DE POTÊNCIA	42
3.6	LÓGICA DE FUNCIONAMENTO	44
3.6.1	AQUECIMENTO.....	46
3.6.2	RESFRIAMENTO	47
3.6.3	UMIDIFICAÇÃO	47
3.6.4	DESUMIDIFICAÇÃO	47
3.6.5	VENTILAÇÃO	47
3.6.6	IRRIGAÇÃO.....	47
4	TESTES E RESULTADOS OBTIDOS.....	48
4.1	TESTES REALIZADOS.....	48
5	Cronograma.....	52
5.1	PLANEJAMENTO E ESPECIFICAÇÕES	52
6	PLANO DE NEGÓCIOS.....	55
6.1	DEFINIÇÃO DO NEGÓCIO	55
6.1.1	NATUREZA DO NEGÓCIO	55
6.1.2	MISSÃO.....	55
6.1.3	VALORES.....	56
6.1.4	VISÃO.....	56
6.1.5	OBJETIVOS	56
6.1.6	OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS	56
6.2	DEFINIÇÃO DO PRODUTO E SERVIÇOS.....	57
6.2.1	DESCRIÇÃO	57
6.2.2	TECNOLOGIA E DESCRIÇÃO TÉCNICA	57
6.2.3	ANÁLISE COMPARATIVA.....	58
6.2.4	PRODUTOS E SERVIÇOS FUTUROS.....	58
6.3	DEFINIÇÃO DO MERCADO.....	59
6.3.1	SEGMENTAÇÃO DO MERCADO	59
6.3.2	SEGMENTO ALVO	59
6.3.3	NECESSIDADES DO MERCADO	60
6.3.4	CRESCIMENTO	60

6.3.5	MODELO DE DISTRIBUIÇÃO.....	61
6.3.6	PRINCIPAIS PLAYERS.....	61
6.3.7	DEFINIÇÃO DA OFERTA E PROPOSTA DE VALOR.....	62
6.3.8	ESTRATÉGIA E IMPLEMENTAÇÃO.....	63
6.4	ESTRATÉGIA DE MARKETING.....	63
6.4.1	PREÇO.....	63
6.4.2	PUBLICIDADE.....	64
6.4.3	PROMOÇÃO.....	64
6.4.4	DISTRIBUIÇÃO.....	64
6.4.5	INSTALAÇÃO.....	64
6.4.6	ESTRATÉGIA DE VENDAS.....	65
6.4.7	FORECAST.....	65
6.4.8	ALIANÇAS ESTRATÉGICAS.....	65
6.5	GESTÃO.....	66
6.5.1	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.....	66
6.5.2	QUADRO DE PESSOAL.....	66
6.6	PLANO FINANCEIRO.....	67
6.6.1	CONSIDERAÇÕES.....	67
6.6.2	PROJEÇÃO DO RESULTADO E FLUXO DE CAIXA.....	68
7	CONCLUSÕES.....	70
7.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	70
7.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	70
7.3	OBJETIVOS ATINGIDOS.....	71
7.4	MELHORIAS FUTURAS.....	72
	REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O cultivo de plantas é uma atividade que pode ser realizada em estufas de diferentes tipos, tamanhos e materiais, com o objetivo de proporcionar um ambiente controlado, em relação a fatores climáticos como temperatura, umidade, luz e quantidade de água (rega), para que as plantas possam ter um crescimento em um ambiente ideal (SILVA, 1976). Considerando que cada espécie de planta necessita de situações climáticas diferentes e específicas para se desenvolver, o projeto proposto tem o intuito de otimizar o cultivo através do desenvolvimento de uma estufa capaz de gerenciar (monitorar e atuar) o controle das condições ambientais dentro do ambiente da estufa através da disponibilização de recursos de automação como irrigação automática, sistemas de ventilação, iluminação e controle de temperatura ambiente.

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha do projeto veio do fato do mercado brasileiro de estufas, em especial as automatizadas, ainda não ser muito explorado.

O mercado de flores e plantas ornamentais gera em torno de 4,4 bilhões de reais entre acessórios e serviços. Além disso, o custo de produção de uma planta no Brasil pode chegar a ser 30% maior do que em países como Colômbia e Equador. (Ambiental Sustentável, 2011).

As estufas automatizadas presentes hoje no mercado são apenas usadas para a produção em larga escala. Não são amigáveis ao usuário, sendo que sua interface em geral aplica CLPs (Controlador lógico programável). Além disso, o preço de uma estufa é supervalorizado devido à falta de competição no mercado e à homogeneidade dos modelos produzidos, mantendo um preço padrão entre as estufas.

Como citado, o fato de não existir uma estufa automatizada ideal para pequenas produções é um fator determinante, pois em pequena escala a estufa pode ser usada, também, nos meios urbanos por uma pessoa que tem a vontade

de realizar o cultivo das plantas ou está apenas começando no agronegócio e, infelizmente, não possui o espaço para uma estufa grande ou o tempo necessário para se dedicar inteiramente a ela. Por isso, uma estufa automatizada em tamanho menor resolveria esse problema. Além disso, a estufa automatizada poderia ser facilmente adaptada para sistemas maiores como a produção em larga escala, favorecendo o mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais.

Estufas automatizadas podem também ser usadas para outras áreas como: medicina, odontologia e circuitos eletrônicos.

1.3 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho de conclusão de curso é:

- Produzir uma estufa automatizada para plantas de tamanho reduzido (aproximadamente 1,5 m de largura, 1,5 m de comprimento e 2 m de altura) para uso residencial.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Monitorar e gerenciar alguns fatores ambientais (temperatura, umidade e luz);
- Ventilar para trocar o ar evitando a proliferação de fungos e bactérias;
- Interfacear com o usuário de maneira fácil e prática;
- Irrigar as plantas de forma automática.

1.5 METODOLOGIA

A estufa, a princípio, será confeccionada com material resistente e inoxidável, como por exemplo, o alumínio ou aço galvanizado. Terá uma medida aproximada de 1,5 m de largura, 1,5 m de comprimento por 2 m de altura e possuirá teto em forma de prisma triangular. Em sua estrutura será colocado um ventilador e um exaustor, assim como também haverá um sistema que capte a

água da chuva para armazenar em uma caixa d'água. Será coberta com material plástico, com certa transparência. Internamente, haverá telas de sombreamento a fim de controlar a luminosidade. Serão colocados sensores capazes de medir a temperatura e umidade. Haverá lâmpadas para iluminação noturna. O sistema de controle de temperatura contará com um sistema de aspersão e com o ventilador e exaustor acoplados. A irrigação será feita de forma automática.

Para a parte eletrônica, a plataforma de desenvolvimento escolhida, será a ARM, devido ao seu elevado desempenho e custo relativamente baixo. A linguagem de programação utilizada será C# (C Sharp) e o software conterá as rotinas de monitoramento, controle e amostra para o usuário. Serão amostrados dados como temperatura e umidade. A entrada de dados dos sistemas virá através dos sensores e o controle será desenvolvido pelos atuadores (ventilação, irrigação, exaustão, sistema de iluminação, amostra em display).

Inicialmente, será realizada a fixação dos parâmetros, visando o ambiente ideal definido, como: temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa, tempo de irrigação e etc, a fim de se obter o ambiente ideal.

Os testes ocorrerão antes e depois da montagem na estufa. Antes da montagem, para testar as respostas dos sensores e atuadores, e após a montagem, poder-se-á testar o funcionamento do sistema. Para os testes, serão simuladas diversas situações, de tal maneira a verificar a resposta dos sensores e atuadores, e se haverá a melhora esperada.

1.6 ESTRUTURA

Após esse capítulo introdutório, o Capítulo 2 informa sobre o tema da criação das plantas em estufas através de um referencial bibliográfico.

O Capítulo 3 descreve o desenvolvimento da estufa, desde a parte física até a parte de programação.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos depois da construção da estufa e implementação do código.

O Capítulo 5 demonstra o cronograma proposto e seguido do projeto.

Por último, o Capítulo 6 apresenta as conclusões do trabalho, comparando o que foi proposto com os objetivos atingidos.

2 CULTIVO DE PLANTAS EM ESTUFAS

O cultivo de plantas pode ser caracterizado como um conjunto de cuidados especiais destinados a contribuir com o desenvolvimento das mesmas. Fatores como o solo, abundância de água, temperatura, ventos e umidade do ar interferem diretamente no processo de crescimento das plantas podendo dificultar, ou até mesmo, impedir sua criação, dependendo do clima da região onde as mesmas são cultivadas. No caso de culturas especializadas, os cuidados despendidos e o controle de tais parâmetros devem ser ainda mais rigorosos.

A maioria das plantas são sensíveis a mudanças bruscas dos elementos do tempo. As orquídeas, por exemplo, necessitam de condições apropriadas para o seu desenvolvimento e alguns fatores, como luminosidade, água, temperatura, umidade e ventilação, determinam o sucesso de seu crescimento (PLOUGHMAN,2007).

Atualmente, o uso de ambientes controlados e protegidos – estufas – é solução comum adotada para o sucesso no cultivo de plantas variadas independente da região escolhida. Estufas são estruturas físicas destinadas ao controle de condições edafoclimáticas que são construídas para um sistema de produção agrícola específico (FIGUEIREDO, 2011). Além disso, as estufas auxiliam no controle de pragas e insetos nocivos que possam vir a danificar a produção, como formigas, lesmas e abelhas.

A ideia de utilizar ambientes fechados para o controle de fatores climáticos no cultivo de plantas data da antiguidade. A construção de estufas de estruturas mais aprimoradas se deu no século XVI na Itália e, mais tarde, a engenhosidade se espalhou para os países da Inglaterra e Holanda. No Brasil, o uso de estufas começou a ser difundido somente a partir do ano de 1970 devido a iniciativas de empresas privadas e de órgãos ligados a pesquisa do ramo agrícola (PINHEIRO, 2007).

As estufas podem ser construídas com diferentes materiais dependendo da necessidade do criador, esta normalmente definida pelo tipo de planta a ser cultivada. Suas formas e tamanhos também são variáveis. A estrutura base de sustentação dos pilares e do teto da estufa é normalmente metálica podendo, em

alguns casos, ser de madeira ou concreto. Para a cobertura do teto e de suas paredes laterais são utilizados materiais plásticos transparentes como o polietileno e poliestireno associados a malhas de sombreamento a fim de diminuir a incidência de luz nas plantas. A Figura1 exemplifica a variação dos tipos de estufas disponíveis para a venda no mercado.

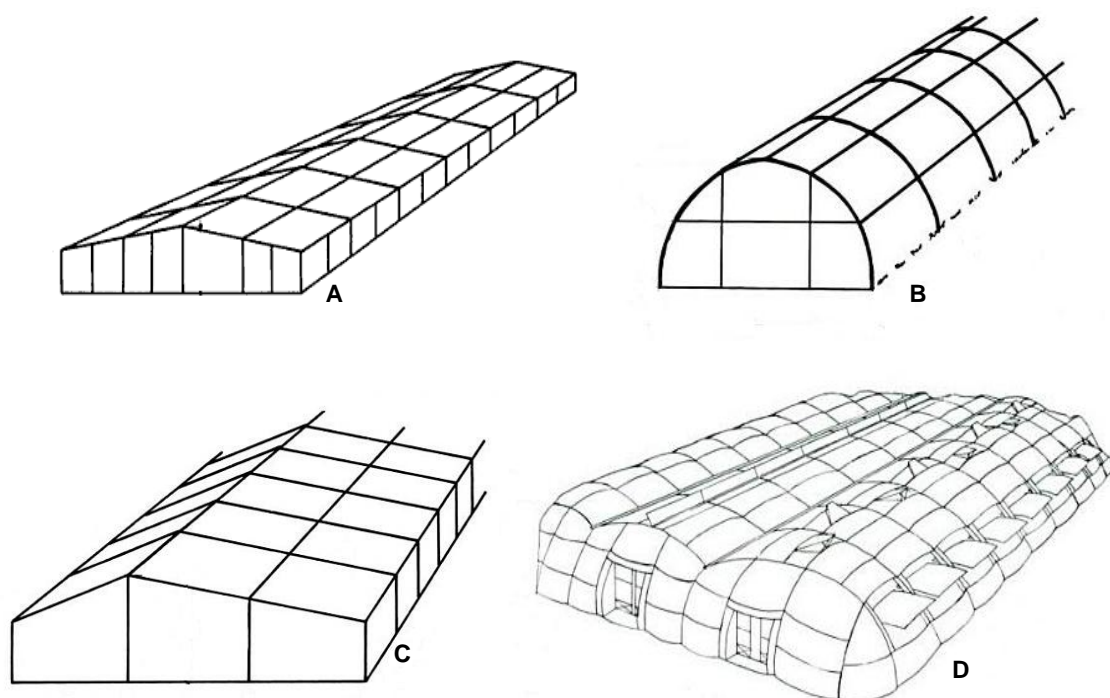


Figura 1: Tipos de estufas quanto a sua forma e tamanho. Esquema de uma estufa de linhas retas (A). Estufas de linhas curvas (B). Estrutura de estufa com inclinação lateral diferente da lateral contrária da estrutura (C). Esquema de estufa elíptico (D). Fonte: Adaptado de CERMEÑO (2005. p. 55,57,60,77).

2.1 FATORES CLIMÁTICOS

Os principais fatores climáticos controlados e os materiais utilizados para tanto serão detalhados a seguir.

2.1.1 TEMPERATURA

A variação da temperatura influencia no desenvolvimento das espécies vegetais por interferir em processos como transpiração, respiração, fotossíntese, germinação, crescimento, floração e frutificação (CERMEÑO, 2005).

Cada planta necessita de uma faixa de temperatura específica para que seu ciclo de desenvolvimento não seja alterado. Fora dos valores limites da faixa de temperatura suportável pela planta, os resultados são perda de viveza e morte. A Tabela 1 indica faixas de temperaturas ótimas para determinados tipos de plantas.

Tabela 1: Relação entre espécies vegetais e faixas de temperatura consideradas ótimas para seu desenvolvimento.

Produto	Temperatura ótima (°C)
Alface	14-18
Espinafres	15-18
Ervilhas	16-20
Acelgas	18-22
Aipo	18-25
Feijões	18-30
Tomates	20-24
Pimenta	20-25
Pepino	20-25
Berinjela	22-27
Melancia	23-28
Melão	25-30
Aboborinha	25-35

Fonte: Adaptado de http://www.solerpalau.pt/formacion_01_39.html

O controle de parâmetros como ventilação, luminosidade e nebulização podem servir de artifícios para o controle da temperatura do ambiente da estufa.

A temperatura na estufa proposta foi controlada com dois sistemas independentes para aquecimento e resfriamento. Para o aquecimento, foi utilizada uma resistência elétrica devido ao seu custo ser menor e o rendimento

maior do que as lâmpadas que podem ajudar a esquentar o ambiente. Para o arrefecimento, o sistema utilizado foi o de resfriamento por evaporação, ou seja, nebuliza-se o ambiente, fecha-se o teto com sombrite a fim de diminuir a intensidade luminosa nas plantas e ventila-se o ambiente para diminuir a temperatura.

2.1.2 UMIDADE

A umidade relativa do ar, expressa em percentual (%), varia com a temperatura e representa a quantidade de água em forma de vapor presente na atmosfera em relação à quantidade máxima que poderia existir nas mesmas condições de temperatura (ponto de saturação) (CGE,2011).

Valores de umidade altos dificultam o processo de evaporação e valores muito baixos interferem na etapa de fotossíntese da planta. A variação de parâmetros como ventilação, nebulização e temperatura pode auxiliar no controle da umidade relativa do ar (SOLER e PALAU, 2012). A Tabela 2 mostra intervalos de umidade ideais para determinadas espécies vegetais.

Tabela 2: Relação entre espécies vegetais e faixas de umidade relativa do ar indicadas para seu crescimento.

Produto	Umidade (%)
Tomate e pimenta	50-60
Berinjela	50-60
Melão e acelga	60-70
Feijões	60-75
Alface	60-80
Melancia	65-75
Ervilhas	65-75
Aboborinha e aipo	65-80
Morangos	70-80
Pepino	70-90

Fonte: Adaptado de http://www.solerpalau.pt/formacion_01_39.html

2.1.3 VENTILAÇÃO

A ventilação pode ser considerada como a troca de ar do meio externo à estufa com o meio interno. O principal objetivo da ventilação é retirar a sobrecarga de calor de dentro da estufa. A importância de se fazer circular e renovar o ar interno se deve ao fato de evitar a presença e surgimento de fungos e insetos, controlando a umidade que a estufa recebe. Para tanto, existem dois tipos de ventilações, a natural e a mecânica. A primeira forma de ventilação se caracteriza por aberturas laterais ou superiores existentes na estufa e permitem, assim, a renovação gasosa interna. Deve-se atentar que, caso chova, é necessário que a abertura superior seja fechada, assim como se existir ventania forte que pode acarretar em comprometer o bom funcionamento da estufa para o cultivo. Já a ventilação mecânica conta com um ventilador mecânico que será utilizado para as trocas gasosas.(SOLER e PALAU, 2012).

Como constatado, foi necessário a utilização de dois ventiladores, e assim, usou-se a mesma quantidade de exaustores para suprir a necessidade de troca gasosa. A escolha da utilização da ventilação mecânica foi devido ao fato de não necessitar terreno ao ar livre, podendo ser utilizado em ambientes internos, como uma residência por exemplo.

2.1.4 LUMINOSIDADE

A luminosidade caracteriza-se como a incidência de determinadas radiações eletromagnéticas. A luz proveniente do sol é composta por diversas componentes, que podem ser divididas por seu comprimento de onda. O comprimento de onda da luz nada mais é que a medida em metros de um período de determinada onda. O período é caracterizado como o tempo em segundos que a onda leva para fazer um ciclo antes da repetição, ou seja, uma onda periódica repete determinados ciclos e a medida correspondente de um ciclo é o período. A figura 2 tenta exemplificar como se mede um comprimento de onda.

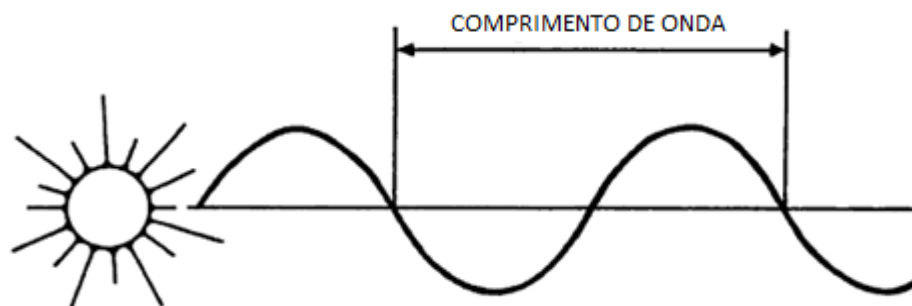


Figura 2: Comprimento de onda da luz. Fonte: Adaptado de (CERMEÑO, 2005).

Para o caso da luz solar, os comprimentos de ondas são da ordem de Angstrom [A] – décima milionésima parte do milímetro ou 10^{-10} metro. As diversas componentes da luz quando estudadas separadas, caracterizam o espectro da onda luminosa. De todo o espectro da luz, só chegam à superfície terrestre as ondas de comprimento entre 2000 e 3000 [A] e as ondas de comprimentos curtos, entre 2000 e 7000 Angstrom, são mais abundantes (CERMEÑO, 2005).

A figura 3 mostra o espectro da luz solar.

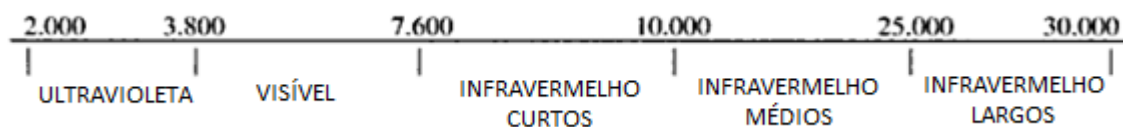


Figura 3: Espectros de ondas. Fonte: Adaptado de (CERMEÑO, 2005)

A luz é de suma importância para o cultivo de plantas. Ela é a principal responsável pelo processo de fotossíntese (processo físico – químico realizado por seres vivos clorofilados para obtenção de glicose). Basicamente, a luz ativa a fotossíntese, participando de sua primeira fase. A maior parte de absorção da luz corresponde ao comprimento de onda de 700 nanômetros [nm] ou 7000 [A]. O quadro 1 descreve os efeitos para o cultivo de plantas dos diversos comprimentos de onda.

Quadro 1: Efeitos das radiações. Fonte: Adaptado de (CERMEÑO, 2005)

EFEITO DAS RADIAÇÕES SOBRE O METABOLISMO VEGETAL	
Espectro luminoso Angstrom	Influência sobre o metabolismo vegetal
2000-2800	Muito nocivos para os vegetais
2800-3150	Efeito que causam queimaduras
3150-4000	Algum efeito contra pragas, doenças e vírus
4000-4900	Influência sobre a fototropia
4000-5100	Início da fotossíntese, crescimento dos caules e folhas
5100-6100	Pouca respiração biológica
5400-6800	Aumento na germinação da semente
6000-8000	Inibição da germinação das sementes
6100-7000	Máxima atividade da fotossíntese e síntese de clorofila

Embora a luz seja vital para todas as plantas, seu excesso pode prejudicar e até matar o vegetal. Por isso, o controle da intensidade luminosa é importante, pois cada tipo de cultivo requer uma quantidade de luz particular. Para este projeto o controle de luz se dá através de um teto com malha de sombreamento retrátil, que limita em 50% a quantidade de luz que entra no ambiente.

2.1.5 IRRIGAÇÃO E ASPERÇÃO

A água é o elemento da vida, logo, não seria difícil imaginar que a planta requer água para seu desenvolvimento. Existem diversos tipos de irrigação como irrigação por gotejamento, por nebulização e por aspersão. O gotejamento é uma forma de irrigação que despeja gotas continuamente sobre as plantas. A aspersão espalha água sobre todo um ambiente e a nebulização produz uma névoa no ambiente.

Além desse papel de contribuir diretamente na fotossíntese, a água serve também para controlar fatores ambientais como umidade e temperatura. Resfriamento por evaporação de água é uma das formas mais baratas e de boa eficiência para diminuir a temperatura. Embora aumente a umidade, saturando o ambiente com água, a alta temperatura faz com que haja um equilíbrio na umidade e temperatura.

Nesse projeto, optou-se por fazer irrigação por gotejamento, por ser bem eficaz, uma vez que haverá incidência de água diretamente na planta; optou-se

também pela utilização de aspersão como forma de se fazer a ventilação úmida, resfriamento evaporativo e o controle de umidade.

3 DESENVOLVIMENTO DA ESTUFA AUTOMATIZADA

A construção da estufa foi feita baseando-se em etapas. Cada etapa foi feita separadamente da outra. Apenas na última, a etapa de integração dos sistemas, foi que houve interação entre todas as ações terminadas anteriormente. De maneira geral, as etapas consideradas nesse projeto foram:

- Planejamento e especificações
- Escolha dos componentes elétricos
- Escolha dos materiais para a construção da estufa
- Preparação do ambiente de desenvolvimento
- Desenvolvimento de software
- Construção da estufa
- Integração da estufa com a parte automatizada
- Ajustes
- Testes

As seções a seguir visam explicar com mais detalhes como foi feita cada uma das etapas exemplificadas acima. Além da descrição detalhada, também, foi usado um diagrama de blocos (figura 4) para o melhor entendimento da estufa.

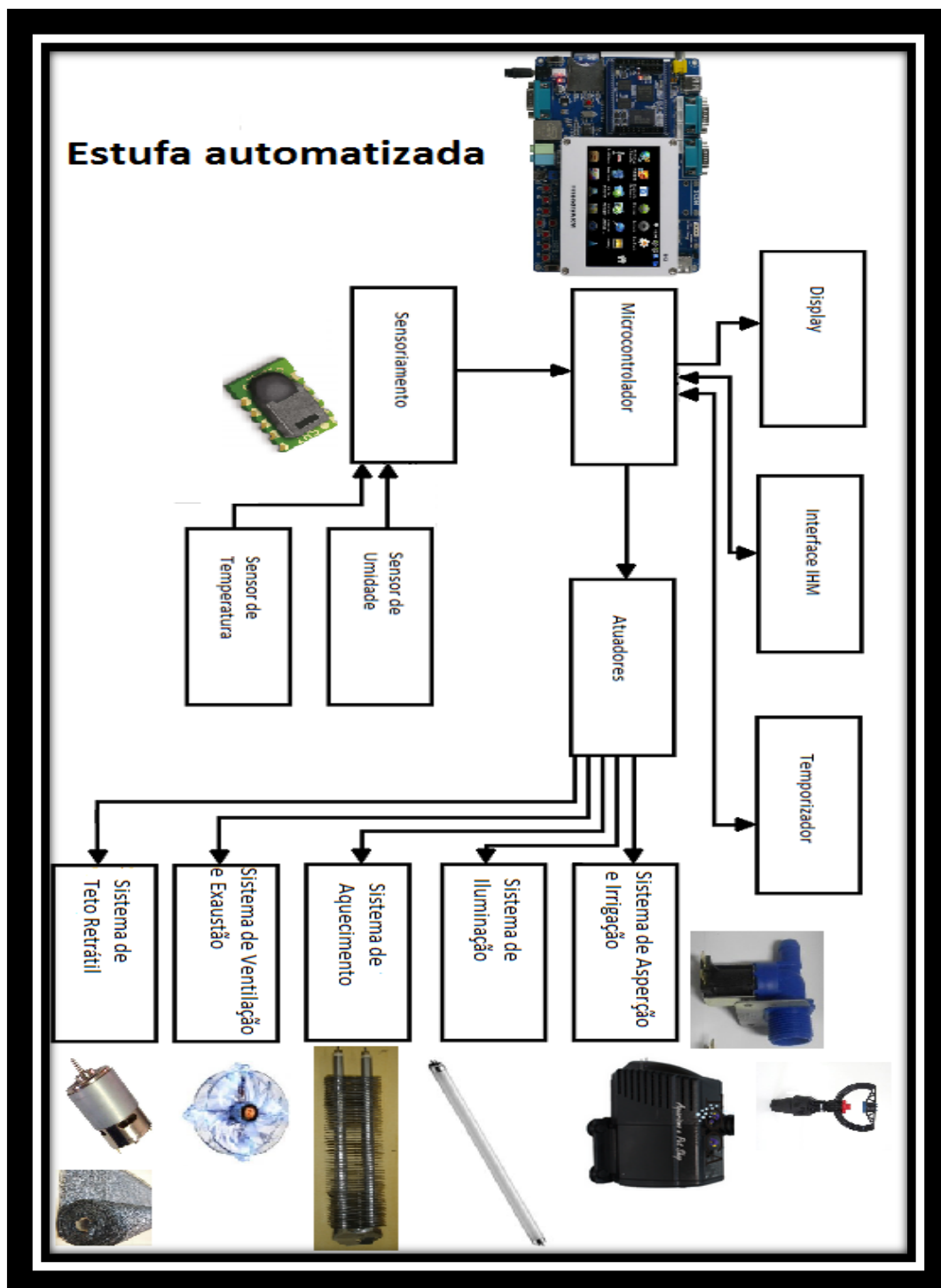


Figura 4: Diagrama de Blocos da estufa

Neste diagrama pode-se ver todos os módulos usados na estufa. O sensor que faz as medidas de temperatura e umidade alimenta o microcontrolador. Este conta com um display *touch-screen* que realiza a interface Humano-Máquina, além de contar com um temporizador próprio.

A atuação do sistema é dividida em cinco partes. O primeiro sistema é o de irrigação e aspersão, este conta com uma bomba que alimenta um aspersor e

quatro mangueiras de gotejamento, ambas as saídas contam com eletroválvulas controladas pelo microcontrolador. O segundo sistema, de iluminação, conta com duas lâmpadas que são acionadas pelo usuário quando precisar realizar operações noturnas, sua ativação é feita pelo *display*. O terceiro, de aquecimento, conta com uma resistência acionada quando a temperatura se encontra mais baixa do que a desejada. O outro sistema, de ventilação e exaustão, conta com dois ventiladores em cada sentido para operações de troca de ar, redução de temperatura, e redução de umidade. Por último, o sistema de teto retrátil conta com um motor bidirecional que controla a abertura e o fechamento da tela de sombrite.

3.1 COMPONENTES E MATERIAIS

A escolha dos componentes e materiais baseou-se, principalmente, nos atributos como: alta qualidade, desempenho, durabilidade e facilidade do uso do produto pelo usuário.

A primeira escolha, e talvez a mais importante, foi a plataforma de desenvolvimento. Escolheu-se a plataforma ARM com o processador ARM 11(S3C6410) por se tratar de processador de alto desempenho e que permite integração com tela LCD (Liquid Crystal Display) sensível a toque que é um diferencial do projeto e facilita o uso ao usuário. Dentre as diversas opções, a que foi adotada foi um microcontrolador chamado de FriendlyARMTiny6410 que já vem com a tela sensível a toque embutida e diversas facilidades como portas USB, Ethernet, alto falante, portas seriais. A figura 5 mostra a placa utilizada no projeto.



Figura 5: Placa FriendlyARMTiny 6410

Após a escolha da plataforma foi definido a escolha do sensor utilizado para medir temperatura e umidade. Dentre a vasta quantidade de sensores, como o LM35, LM60 e outros, foi selecionado o SHT1X que é um sensor digital e usa o protocolo serial I2C. A escolha foi feita por se tratar de um sensor de alta precisão e desempenho, utilizar apenas dois pinos do microcontrolador, ser digital, e pelo seu ponto mais forte que é medir a umidade e temperatura simultaneamente. A figura 6 que mostra o sensor utilizado no projeto.

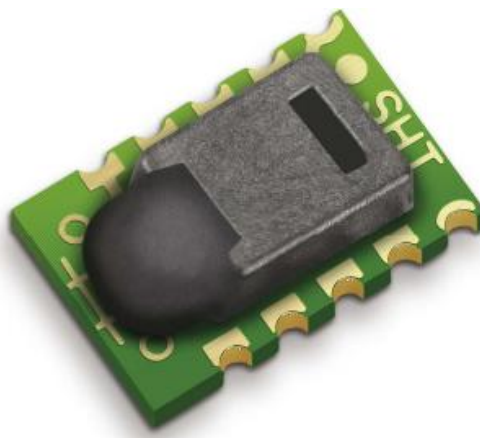


Figura 6: Sensor SHT1X

Em seguida, a escolha da estrutura da estufa foi feita apoiando-se na durabilidade e nas resistências físicas e químicas (oxidação) do material. Para este fim, têm-se disponível para construção da estufa materiais como madeira, Policloreto de vinila (PVC) e metais. O alumínio apresentou as melhores características e o preço não estava muito mais alto do que outros metais, como por exemplo, o aço galvanizado.

Para a escolha dos atuadores do sistema, os adjetivos mais importantes foram a eficiência, preço e tamanho. Para aquecimento, as principais formas disponíveis são os aquecedores à gás, caldeiras com água, lâmpadas e aquecedores elétricos. Para o projeto foi escolhido um aquecedor elétrico (resistência) por ocupar pequeno espaço interno e ter alto desempenho funcional. Aquecedores à gás e caldeiras ocupam mais espaços e têm o custo muito mais elevado. Já as lâmpadas seriam um inconveniente por aquecer e ficar perto da água da aspersão, o que poderia ocasionar queima ou explosão da lâmpada. A potência utilizada para este fim é em torno de 1500 Watts [W]. Para o controle de resfriamento, foi adquirido dois ventiladores, dois exaustores, malha de sombreamento e sistema de aspersão. A opção utilizada de resfriamento por água, ventilação e contenção da luz, se deve ao fato de ser um método barato e que consegue controlar a temperatura. Seu inconveniente é que não é possível obter grande redução na temperatura interna, porque o sistema evapora a água e tende a manter as condições do microclima interno em equilíbrio. Logo, conseguir simular um ambiente interno muito mais frio do que o externo é inviável. Outra opção que foi verificada seria as placas de Peltier, porém devido às dimensões da estufa foi descartado. Placas de Peltier resfriam pequenos ambientes. Para ambientes maiores, seriam necessários grandes quantidades de placas, o que seria um problema de consumo elétrico e de espaço, além do custo elevar-se. Na irrigação foram adquiridas mangueiras de gotejamento. Já para o teto retrátil, o sistema motor com redutor escolhido baseou-se em alto torque, logo sua potência e velocidade diminuiu.

Para o projeto ser montado e finalmente estar pronto foi necessário: bomba d'água, duas eletroválvulas, acessórios para irrigação e aspersão, cabos elétricos escolhidos para suportar mais de 15 Ampères [A], cola para PVC, plástico polietileno, suporte para estantes, fios elétricos para baixa tensão (12 Volts [V]), placa universal, circuitos integrados ULN2003e L293D, utilizados para

amplificar o sinal de 3,3 [V] proveniente do microcontrolador para 12 [V] necessários para os atuadores sendo o segundo utilizado para o motor bidirecional, e relés para acionamento dos atuadores que funcionam em tensão alternada além de madeiras.

3.2 PREPARAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

O desenvolvimento do software está sempre atrelado ao tipo de plataforma e sistema a ser utilizado. A plataforma ARM tem o benefício e flexibilidade de diversas formas de programação dentre elas: em Assembly ou C/C++ diretamente no processador através de um protocolo de transmissão de dados entre compilador e processador conhecido como JTAG, em sistemas operacionais em tempo real (RTOS), como RT-Thread ou Start OS, ou em sistemas operacionais embarcados como Windows CE6, Linux, Android. Com o objetivo de tornar o produto mais adaptável para o usuário, escolheu-se o sistema operacional embarcado Windows CE6. O ambiente é muito parecido com o encontrado nas versões de Windows para computadores pessoais. Uma vantagem da utilização de um sistema embarcado é a autonomia e flexibilidade de apenas utilizar o necessário de um sistema operacional para a aplicação a ser desenvolvida. Sistema embarcado nada mais é que um sistema computacional inserido em outro. Nesse caso, o sistema computacional seria o Windows CE6 e ele foi inserido na plataforma ARM.

Feita a escolha do sistema a ser utilizado, foi necessário a preparação do ambiente para se desenvolver o software. Para se conseguir programar de forma adequada, foram necessários, basicamente, quatro procedimentos: a instalação do ambiente de programação no Visual Studio 2005, o desenvolvimento de *device driver* (driver de dispositivos), a configuração do sistema operacional e a geração da imagem contendo o núcleo do sistema operacional.

3.2.1 INSTALAÇÃO DO AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO

O principal motivo da realização desse procedimento de instalação é a necessidade de se gerar uma imagem de Windows CE (WinCE) para ser carregada no microcontrolador.

Todas as informações a seguir são baseadas no manual do FriendlyARM Mini6410 para WinCE fornecido pelo fabricante.

O começo é a instalação do Microsoft Visual Studio 2005 versão temporária, que é o ambiente de programação, e em seguida instala-se alguns pacotes de serviços. Logo, instala-se o Windows CE 6.0 que contém toda a configuração do sistema operacional, para o qual também foi utilizada a versão temporária. Todo o processo de instalação é lento, pois os arquivos são pesados. Na sequência, instala-se o *Platform Builder*, que é basicamente o ambiente de desenvolvimento para aplicações em Windows CE. Todo esse processo deve ser cuidadosamente seguido na ordem certa para que erros não aconteçam. Depois desse processo, o desenvolvimento de software e toda a configuração do sistema operacional estão disponíveis no Visual Studio.

Porém, para a utilização dos recursos da placa *FriendlyArm Tiny6410* é necessário um BSP (*Board Support Package*) que contém todos os atributos de configurações que a placa suporta, tais como: As configurações de todos os periféricos que a placa contém, as bibliotecas necessárias, os programas a serem instalados nas placas e, principalmente, as configurações para se realizar o *download* do software para a placa.

3.2.2 DESENVOLVIMENTO DE *DEVICE DRIVER*

O Windows CE 6.0 possui um mecanismo de proteção que não deixa o programador fazer modificações no sistema, tirando o acesso aos registradores. Para acessar qualquer registrador do processador utilizando o Windows CE 6.0 é necessário se fazer um *driver* para o acesso. Um *driver* pode ser um programa em C++ que permite que um programa desenvolvido para Windows CE consiga interagir com os diversos periféricos. No *kernel* que foi fornecido pelo fabricante, é possível encontrar vários *drivers* de dispositivos como para acesso ao LCD, acesso ao PWM (Pulse-Width Modulation) e acesso às portas seriais. Porém, devido a necessidade do projeto, infelizmente as portas *IN/OUT (I/O)* não

possuíam o *driver* desenvolvido no BSP da placa. Logo, houve a necessidade de desenvolver o próprio *device driver* para acesso aos registradores dos pinos de I/O. O procedimento para escrever o programa foi difícil de encontrar na literatura. Existe pouca informação na área de desenvolvimento de software para Windows CE disponível. O *driver* realizado no projeto foi desenvolvido com base em um *driver* desenvolvido para um processador semelhante, ARM9 (DOMODOM, 2012).

Para acesso aos pinos é necessário configurar quatro registradores basicamente, os de configuração, os de dados, os de *pullup*, e os de modo *sleep*.

Registradores de configuração servem para dizer se o pino é de entrada ou de saída ou se ele será utilizado para interrupção externa, ou ainda se ele possuir alguma função especial como, por exemplo, de transmissor de porta serial.

Registradores de dados servem para verificar se o pino está em 1 ou 0, assim como para escrever 1 ou 0 no pino.

Registradores de *pullup* indicam para o processador que determinado pino pode apresentar resistor de *pullup*, que são resistores colocados para quando se têm um pino operando em modo entrada, facilite a o deslocamento de 0 para 1 no pino, ou seja de 0 [V] para 3,3 [V] quando solicitado por um dispositivo externo.

Registradores de modo *sleep*, demonstram em que modo o pino deve estar quando o processador estiver no modo *sleep*, ou seja, modo de economia máxima de energia.

Todos os pinos da placa estão acessíveis através do *driver* desenvolvido e podem ser operados em todos os modos possíveis.

3.2.3 CONFIGURAÇÃO E COMPILAÇÃO DO KERNEL DO WINCE

Após desenvolvido o *driver*, é necessário que ele integre o *kernel* do sistema operacional a ser instalado no microcontrolador, para isso é necessário que declare ele aos registros do sistema operacional e copie o código C++ para a pasta de *drivers* e o arquivo *header*, cabeçalho, dentro da pasta dos arquivos

header. Nos arquivos de registros definiu a biblioteca como um arquivo *dll* (*dinamic link library*), ou seja uma biblioteca dinâmica, e que será embutido na inicialização do sistema operacional, assim como carregado também. É possível que seja customizado o BSP da placa para aumentar o desempenho e tornar o sistema mais compacto. Feito todo esse processo, a compilação e montagem são realizadas no MS Visual Studio 2005 e é gerado dois arquivos de imagem, o nk.bin e o nk0.bin que irão carregar o sistema operacional contendo todas as configurações desejadas dentro do microcontrolador.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

A linguagem escolhida para o projeto foi o C#.NET, devido a facilidade de uso junto ao Windows CE e ao conhecimento de linguagens semelhantes já estudadas na faculdade pela equipe, como o C e C++.

Para que o software ficasse familiar e fácil de usar, a equipe optou pelo uso da ferramenta Windows Form. Dessa maneira, o programa ficou parecido com o de programas para o sistema operacional Windows, o qual já é conhecido pela maioria das pessoas.

3.3.1 COMUNICAÇÃO I2C COM O SENSOR

A comunicação com o sensor foi feita pelo protocolo I2C, ou seja, apenas um pino é utilizado para receber os dados enquanto o outro pino realiza a função de *clock* para organizar o recebimento dos bits. Na quadro 2 segue uma das funções essenciais para comunicação com o sensor, a de escrita de byte:

Quadro 2: Código de escrita de byte

```
byte s_write_byte(byte value, int var)
{
    byte i = 128;
    byte error = 0;
    int result;
    for (int t = 0; t < 8; t++)
    {
        result = i & value;
        if (result != 0) Pino_High(var);
        else Pino_Low(var);
        i /= 2;
        Thread.Sleep(1);
    }
}
```

```

        _Clock.High();
Thread.Sleep(1);
        _Clock.Low();
Thread.Sleep(1);
    }
    Pino_High(var);
Thread.Sleep(1);
    read_mode(var);
    _Clock.High();
Thread.Sleep(1);
if (Pino_valor(var)==1)
    {
        error = 0;
    }else{
        error = 1;
    }
    _Clock.Low();
    write_mode(var);
return error;
}

```

O quadro 3 apresenta a função de leitura de byte:

Quadro 3: Código de leitura de byte

```

byte s_read_byte(byte ack,int var)
{
byte i = 128;
byte val = 0;
    Pino_High(var);
read_mode(var);
for (int t = 0; t < 8; t++)
    {
        _Clock.High();
if (Pino_valor(var) == 0)
    {
        val = Convert.ToByte(val | i);
    }
Thread.Sleep(1);
        _Clock.Low();
        i /= 2;
    }
    write_mode(var);
if (ack == 1)
    {
        Pino_Low(var);
    }
else
    {
        Pino_High(var);
    }
Thread.Sleep(1);
    _Clock.High();
Thread.Sleep(1);
    _Clock.Low();
Thread.Sleep(1);
    Pino_High(var);
return val;
}

```

Para que o sensor retorne a uma medida de temperatura ou umidade, o microcontrolador deve usar uma simples função de início de transmissão que consiste de dois pulsos de *clock* variando o pino de escrita para 1 e 0, e depois deve enviar, utilizando a função de escrita, um comando(*byte*) dizendo qual variável deseja-se acessar.

Depois de esperar o tempo da medição, recebe-se o valor da variável desejada em binário. Esse valor ainda passa por uma checagem de bits para a verificação de possíveis erros. Podemos ver um exemplo de comunicação na figura 7:

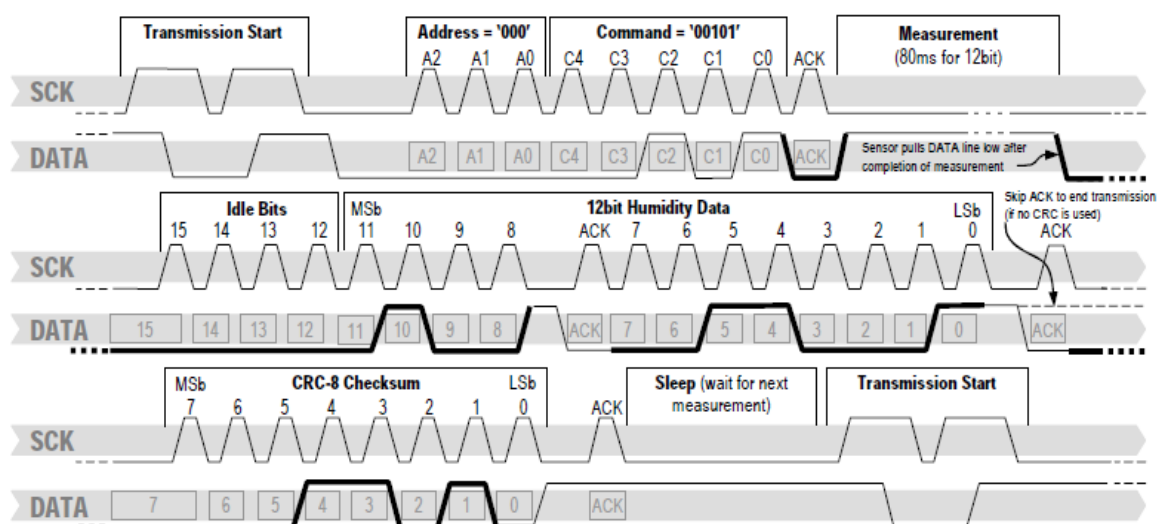


Figura 7: Exemplo de comunicação com o sensor

Esse número binário recebido é convertido, então, para um número decimal e aplicado a uma fórmula dada pelo fabricante do sensor para a transformação dessa informação para uma temperatura em graus Celsius e uma umidade relativa. A mesma encontra-se destacada em cinza no código do quadro 4.

Quadro 4: Cálculo da temperatura e umidade

```
unsafevoid calc_sth11(double* umidade, double* temperatura)
{
  constdouble C1 = -2.0468;
  constdouble C2 = +0.0367;
  constdouble C3 = -0.0000015955;
  constdouble T1 = +0.01;
  constdouble T2 = +0.00008;

  double rh = *umidade;
```

```
double t = *temperatura;
double rh_lin;
double rh_true;
double t_C;

t_C = t * 0.01 - 40.1;
rh_lin = C3 * rh * rh + C2 * rh + C1;
rh_true = (t_C - 25) * (T1 + T2 * rh) + rh_lin;
if (rh_true > 100) rh_true = 100;
if (rh_true < 0.1) rh_true = 0.1;

*temperatura = t_C;
*umidade = rh_true;
}
```

A partir dos valores obtidos nessa medição o sistema atua de maneira a estabilizar ambas as variáveis dentro das faixas de temperatura e umidade especificadas pelo usuário.

3.3.2 INTERFACE COM O USUÁRIO

Na tela inicial do programa, o usuário pode ver as informações básicas para a estufa como o calendário, a próxima irrigação agendada e, por último, a temperatura e a umidade que são fornecidas por dois sensores colocados estrategicamente em posições diferentes da estufa. Estes são atualizados constantemente a cada 5 segundos. Nesta tela, também, encontra-se vários botões nos quais pode-se acionar atuadores como o teto retrátil e a iluminação, além do acesso às configurações atuais sistema. Estas podem ser salvas ou carregada a qualquer momento. Em casos de queda de energia, haverá o carregamento das últimas instruções dadas pelo usuário, mesmo que não tenham sido salvas. A tela inicial pode ser visualizada na figura 8.



Figura 8: Tela inicial

Na janela de configurações o usuário pode inserir suas preferências para a planta usada, seja elas no quesito irrigação, umidade ou temperatura. Na tela de irrigação (figura 9) pode-se optar sobre a periodicidade e duração dela. As opções de periodicidade são: Diariamente e Semanalmente; podendo variar de 1 a 6 vezes nesses intervalos. Enquanto a duração pode variar de 10 a 60 minutos.

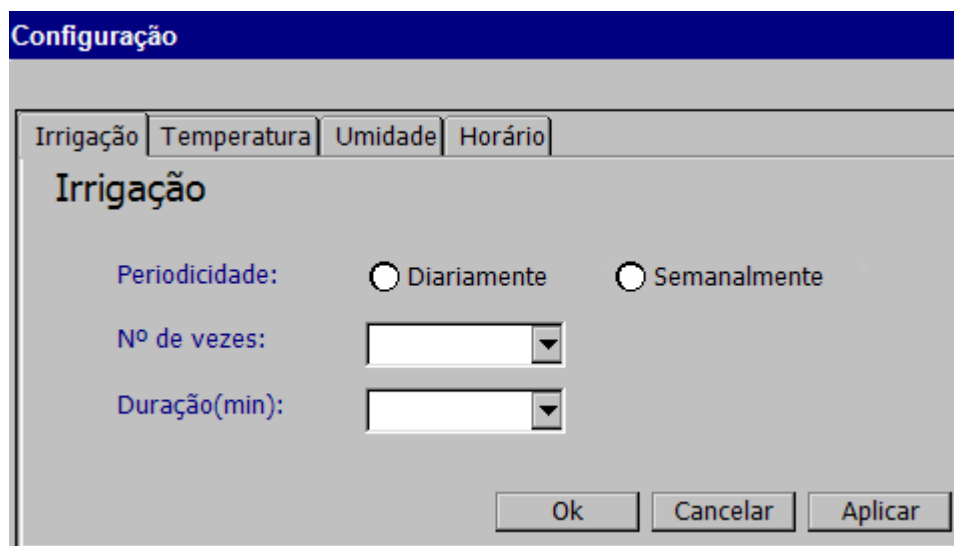
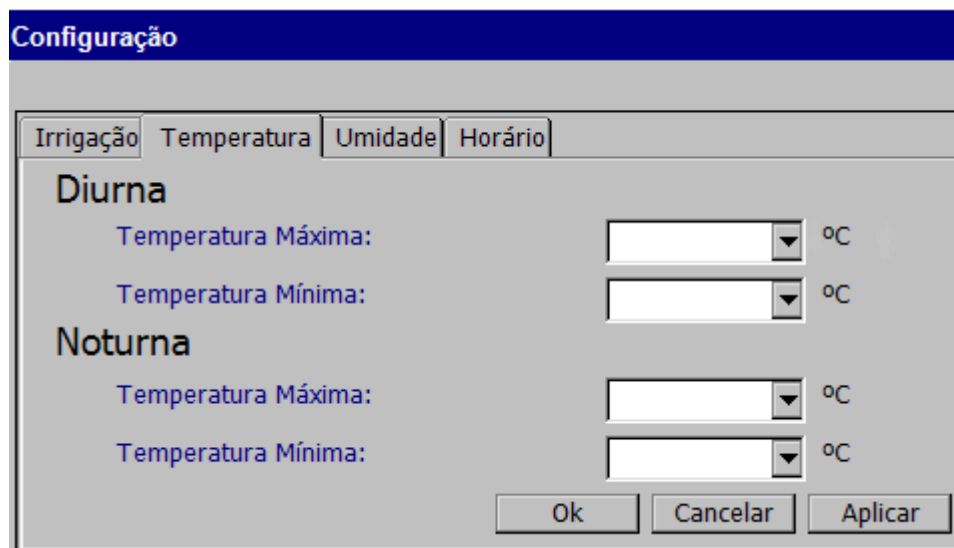


Figura 9: Tela de configuração de irrigação

Na aba seguinte, são escolhidas as opções de temperatura. Devido ao fato de algumas plantas terem características noturnas diferentes das diurnas, foram inseridas duas faixas distintas de temperatura, uma para cada período do

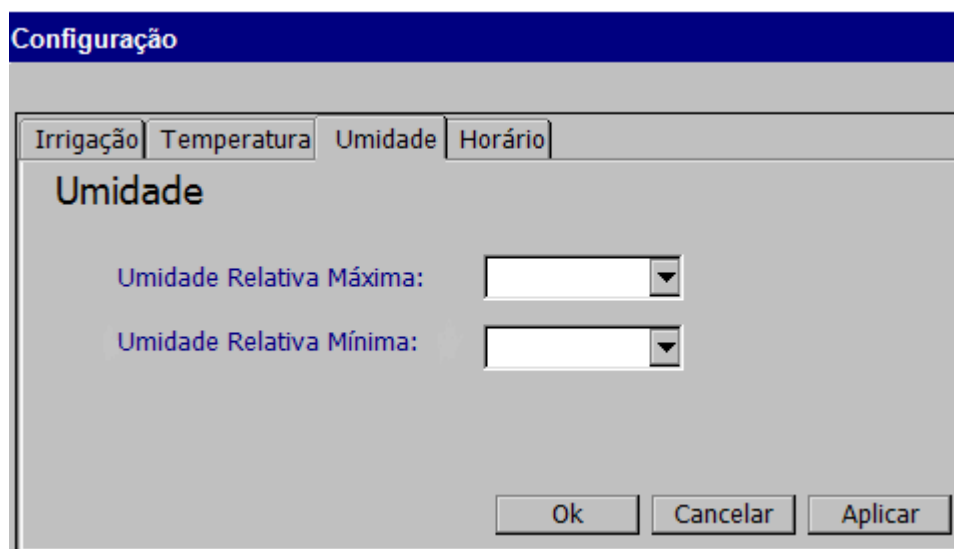
dia. As faixas podem variar de 0 a 40 graus Celsius. Esta tela está exemplificada na figura 10.



The image shows a software configuration window titled 'Configuração'. It has four tabs: 'Irrigação', 'Temperatura', 'Umidade', and 'Horário'. The 'Temperatura' tab is selected. Under the 'Diurna' section, there are two dropdown menus for 'Temperatura Máxima' and 'Temperatura Mínima', both followed by '°C'. Under the 'Noturna' section, there are also two dropdown menus for 'Temperatura Máxima' and 'Temperatura Mínima', both followed by '°C'. At the bottom right, there are three buttons: 'Ok', 'Cancelar', and 'Aplicar'.

Figura 10: Tela de configuração de temperatura

Após as opções de irrigação e temperatura, vem a de umidade (figura 11). Essa conta com somente uma opção de faixa, podendo variar de 0 a 100%.



The image shows the same 'Configuração' dialog box, but with the 'Umidade' tab selected. Under the 'Umidade' section, there are two dropdown menus for 'Umidade Relativa Máxima' and 'Umidade Relativa Mínima'. At the bottom right, there are three buttons: 'Ok', 'Cancelar', and 'Aplicar'.

Figura 11: Tela de configuração de umidade

Por último, na figura 12, encontra-se a tela de configuração de horário, que serve apenas para que o usuário tenha uma referência melhor para a utilização da irrigação.

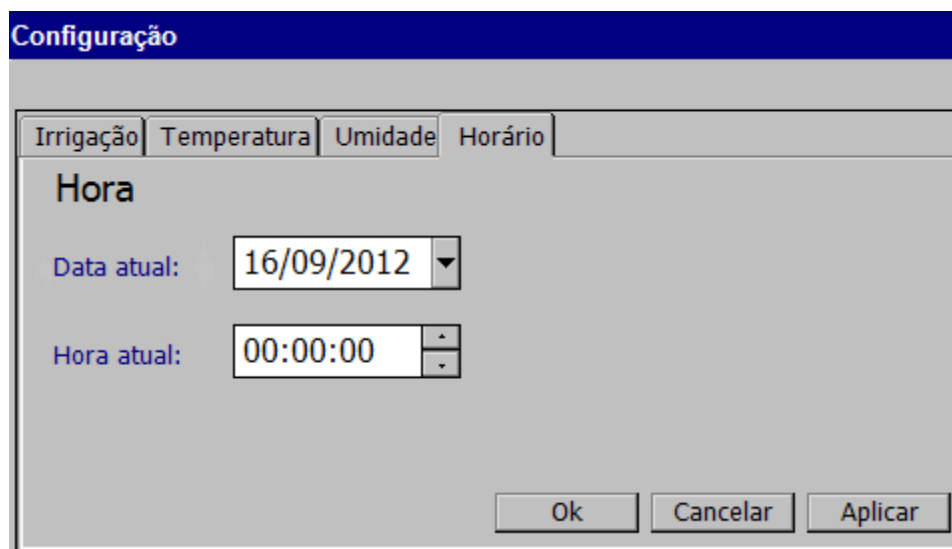


Figura 12: Tela de configuração de horário

3.4 MATERIALIZAÇÃO DA ESTUFA

A estufa foi montada na forma de um paralelepípedo reto-retângulo revestido de plástico. Nela foram usadas 3 barras de alumínio de 1 metro. Primeiro para servir de apoio para resistência e segundo dar forma triangular ao teto, 12 barras de alumínio de 1,5 metros para as arestas horizontais e 4 barras de alumínio de 2 metros para sustentação vertical.

Para que as barras tivessem uma boa sustentação foram usados suportes para prateleiras em formato de "L" ligando as arestas horizontais da base com as verticais. Para realizar o resto das ligações foram usadas pequenas chapas de alumínio que parafusadas interligavam as barras como demonstrado na figura 13.



Figura 13: Ligação das barras de sustentação

Para realização do teto retrátil foram utilizadas duas coroas de bicicleta, interligadas por uma corrente de bicicleta, sendo que uma destas estaria sendo controlada por um motor de 12 [V] bidirecional de alto torque. Esta corrente estaria presa a uma barra pivô de madeira que controlaria a contração e expansão do tecido de sombrite. Para que não haja risco da corrente sair das coroas foram usinadas duas peças em formato de disco que impossibilitam essa possível falha.

Depois da fase de fixação das barras, todos os atuadores foram parafusados nas barras e o plástico foi preso a barra através do uso de molas especiais para isso. Por último, uma caixa de plástico foi usada para guardar a placa com o microcontrolador e o circuito que será explicado no próximo item. A estufa completa se encontra na figura 14.

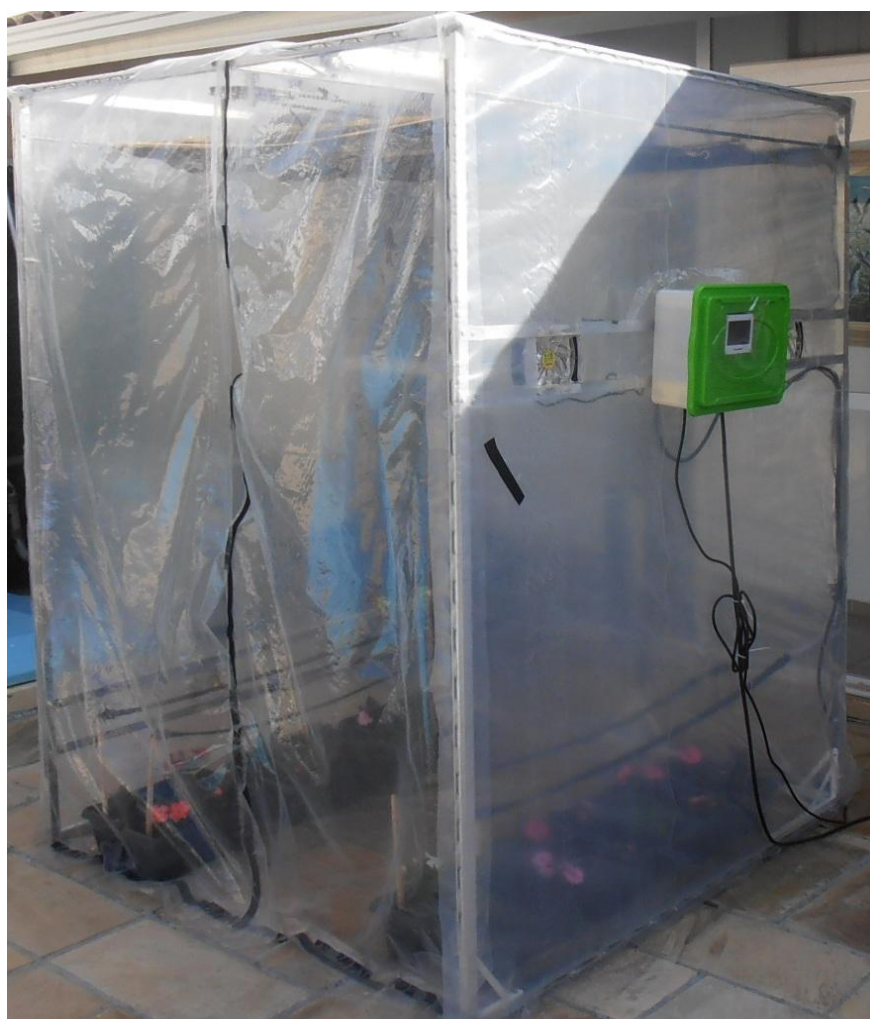


Figura 14: Estufa montada

3.5 INTERAÇÃO DOS SISTEMAS

Depois da montagem da estufa e do desenvolvimento do software, foi necessária a realização de um circuito que interligasse os dois módulos. Foi usado uma placa universal com circuitos integrados para fazer essa ligação.

3.5.1 DRIVERS DE POTÊNCIA

Como dito anteriormente, os circuitos integrados utilizados foram o ULN2003 (manual: http://www.jaycar.com.au/images_uploaded/ULN2003.PDF) e o L293 (manual: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293d.pdf>). O primeiro realizando a função de *driver* entre o microcontrolador que gera 3.3 Volts [V] e os atuadores que necessitam de 12 [V], o segundo é um circuito eletrônico de Ponte H para realizar o funcionamento do motor nas duas direções. Para a alimentação de 12 Volts[V] foi utilizado uma fonte de computador de 300 Watts[W].

A distribuição dos pinos do microcontrolador com os atuadores foi realizada como demonstrado no quadro 5.

Quadro 5: Mapeamento dos pinos

	Qtde. Pinos	Qtde. Itens	Itens	Pinos
Alimentação	2	2	Vcc (3.3V)	1.1
			Gnd	1.2
Driver 12V	4	4	Cooler1	1.3(GPE1)
			Cooler2	1.4(GPE2)
			Exaustor1	1.5(GPE3)
			Exaustor2	1.6(GPE4)
Driver 12V	2	2	Eletroválvula1(irrigação)	1.7(GPM0)
			Eletroválvula2(aspersão)	1.8(GPM1)
Driver 110V	2	2	Bomba	1.9(GPM2)
			Luz	1.10(GPM3)
			Resistência	1.11(GPM4)
Driver 12V Bidirecional	2	1	Motor Teto(sentido horário)	1.12(GPM5)
			Motor Teto(sentido anti-horário)	1.16(GPQ6)
Serial	2	2	Sensor1	1.14(GPQ2)
			Sensor2	1.15(GPQ3)
Clock	1	1	Clock	1.17(GPQ5)

O circuito usado para o ULN2003 é mostrado na figura 15.

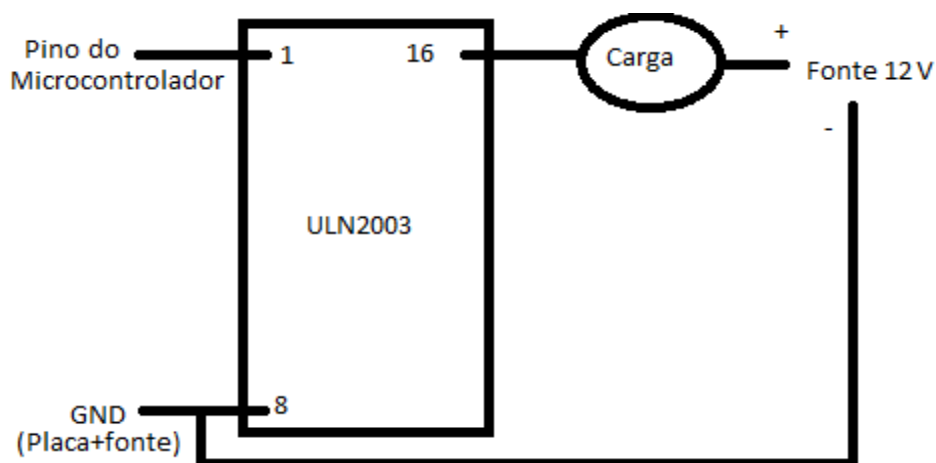


Figura 15: Circuito ULN2003

No caso do aquecimento, da iluminação e da bomba d'água, houve a necessidade do uso de um relé, para ativar a entrada de tensão alternada no valor de 110 Volts[V], como mostrado na figura 16.

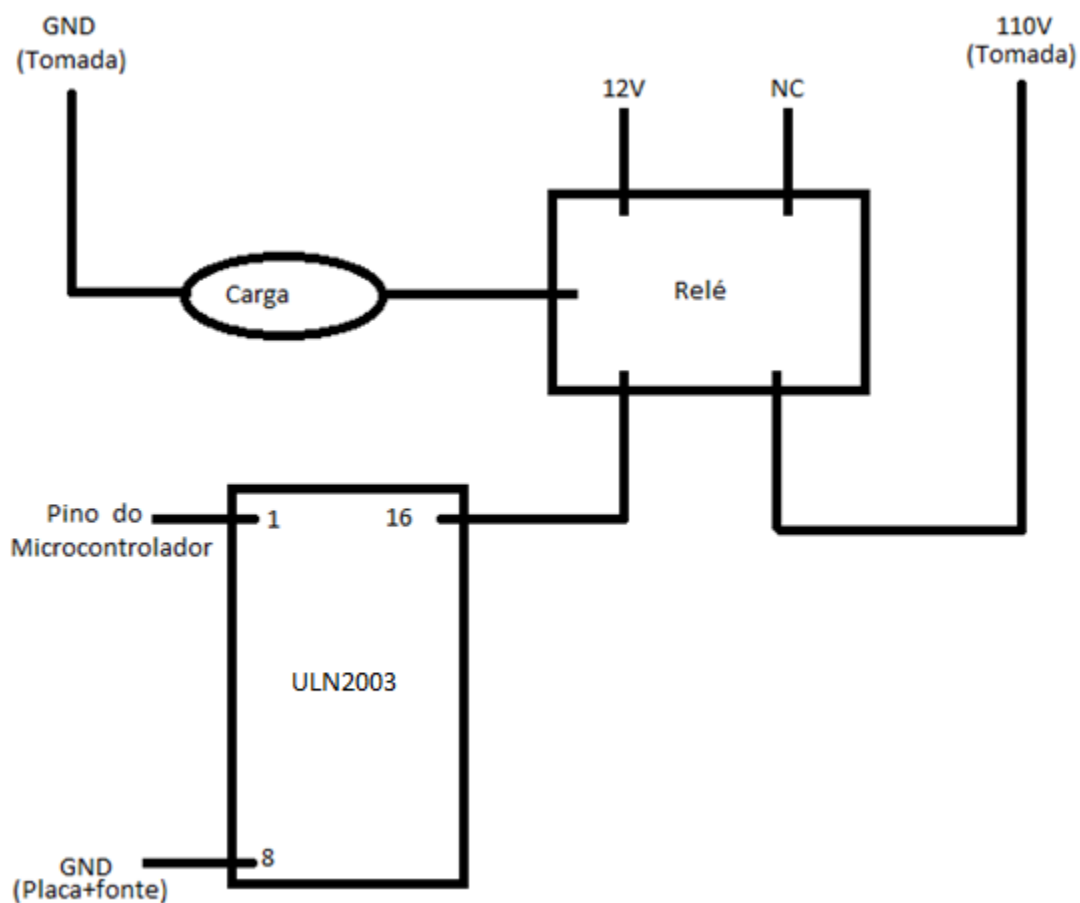


Figura 16: Circuito ULN2003 com relé

E para o motor bidirecional, o circuito está exemplificado na figura 17.

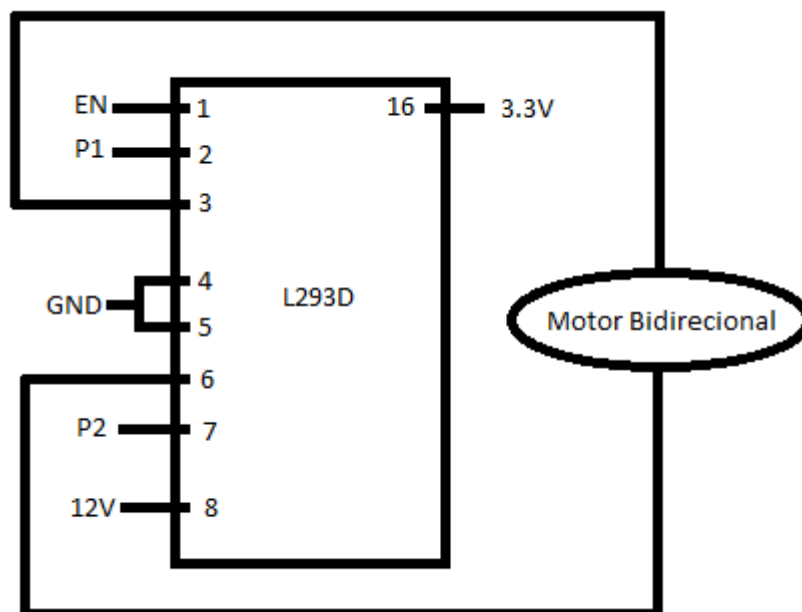


Figura 17: Circuito L293 (motor bidirecional)

Depois de montados todos os circuitos, através de testes realizados, os quais serão detalhados posteriormente, a equipe concluiu que, para o melhor funcionamento do sistema, ele deveria primeiro estabilizar a temperatura para depois controlar a umidade. Esta conclusão levou em conta a melhor resposta do sistema e também a necessidade das plantas, onde a temperatura tem a prioridade.

3.6 LÓGICA DE FUNCIONAMENTO

Para o funcionamento correto da estufa com aplicação em plantas, o projeto apresenta uma lógica com prioridade na temperatura, ou seja, o controle de temperatura é mais importante do que o controle de umidade. Para tanto, devido a interligação das variáveis temperatura e umidade, neste projeto enquanto o controle de temperatura esta sendo feito, o controle da umidade aguarda para depois agir. A figura 18 mostra o funcionamento lógico de toda a aplicação.

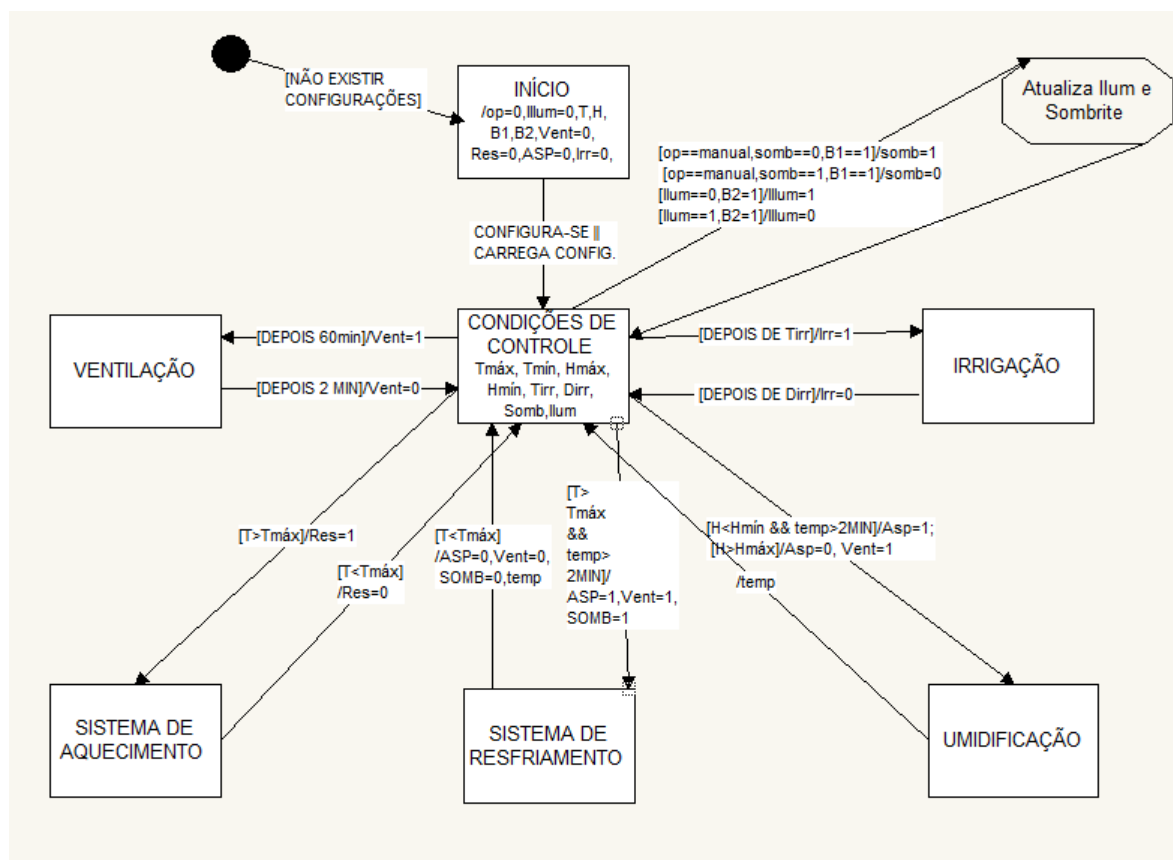


Figura 18: Diagrama de estados simplificado

Como é possível notar na Figura 18, existem diversas variáveis do sistema que são responsáveis pela medição, controle e atuação. As variáveis ASP, Vent, Somb, Irr, Illum, Res são as variáveis de atuação que representam, respectivamente, aspersão, ventilação, teto de sombrite, irrigação e iluminação. As variáveis Tmáx, Tmín, Hmáx, Hmín, Tirr, Dirr, op, B1 e B2 são variáveis de interface com o usuário que correspondem em ordem à temperatura máxima desejada pelo usuário, temperatura mínima desejada pelo usuário, umidade relativa máxima, umidade relativa mínima, periodicidade da irrigação, duração da irrigação, modo de operação do teto com a malha de sombreamento, botão de abrir/fechar do teto com a malha de sombreamento, botão de ligar/desligar a iluminação. Já as variáveis T e H são as medidas de temperatura e umidade do ambiente interno da estufa e temp é variável que verifica o intervalo entre uma aspersão e outra.

A lógica da aplicação se apresenta da seguinte forma: ao inicializar o programa a temperatura e umidade são medidas. Caso existam configurações salvas anteriormente ou o usuário configure o sistema a fim de atender suas necessidades de margem de temperatura, margem de umidade, periodicidade e

tempo de irrigação a aplicação se encontra no estado de condições de controle. Nesse estado o usuário pode escolher se quer deixar o teto da estufa operar em modo manual ou não, e se a escolha for de operação em modo manual, existe a opção de manter o teto fechado ou aberto. Com as configurações de controle feitas. O próximo passo é a execução do controle. Para isso, comparam-se as variáveis do sistema de medição com os de interface com o usuário e assim dependendo da necessidade atua-se, ou seja, a atuação tem um caráter condicional. Para se acionar o fechamento ou abertura do teto de sombreamento da estufa em operação manual é necessário que o usuário tenha optado por operação manual e o usuário aperte o botão de abrir/fechar. Para se acionar a iluminação o usuário deve apertar o botão B2 para ligar ou desligar a estufa. No caso do sistema de controle de umidade, aquecimento e resfriamento, o sistema entra em funcionamento quando os valores da temperatura e umidade medidas estão em desacordo com os limites impostos pelo usuário. Para a ventilação, a operação ocorre quando a variável de tempo é satisfeita e no caso da irrigação, o acionamento ocorre quando se passou o tempo necessário que o usuário selecionou para próxima irrigação e dura pelo tempo de duração que o usuário também escolheu. A qualquer momento o usuário pode selecionar, salvar e carregar novas configurações, alterando as variáveis de interface com o usuário. Embora no diagrama não dê para notar, algumas atividades de controle são concorrentes e podem agir simultaneamente, por exemplo, os controles de temperatura e de umidade podem agir junto com a ventilação e irrigação. É possível constatar também na figura 18 que sempre que for realizada uma aspersão é necessário o intervalo de 2min para a próxima aspersão a fim de estabilizar o sistema evaporando a água que foi colocada na estufa.

A seguir esta a explicação de cada sistema de atuação acionado pelo confronto entre as variáveis escolhidas pelo usuário e as variáveis do sistema da aplicação.

O estado de FIM pode acontecer em qualquer etapa, e sendo esta transição somente realizada retirando a alimentação elétrica do sistema.

3.6.1 AQUECIMENTO

Para o aquecimento do sistema uma resistência elétrica será ligada.

3.6.2 RESFRIAMENTO

Reduz-se a temperatura do ambiente usando o método de resfriamento evaporativo junto a um sistema de ventilação e exaustão. Ou seja, liga o aspersor, fecha-se o teto com a malha de sombreamento e ventila-se.

3.6.3 UMIDIFICAÇÃO

Para umidificar o ambiente foi colocado um aspersor que acionado por uma eletroválvula ligada a bomba. Após ser alcançada a umidade desejada o sistema aguarda dois minutos para estabilizar o sistema antes de uma nova necessidade de umidificação.

3.6.4 DESUMIDIFICAÇÃO

O sistema de desumidificação consiste da ventilação do ar externo para dentro da estufa, porém ele passa por uma barreira de sílica evitar a entrada de mais umidade, e conseqüentemente diminuindo a umidade interna.

3.6.5 VENTILAÇÃO

A cada hora o sistema fará uma troca de ar, este processo ocorrerá durante dois minutos ligando os sistemas de exaustão e ventilação. Evitando-se a proliferação de doenças.

3.6.6 IRRIGAÇÃO

O acionamento do sistema de irrigação funciona de maneira semelhante ao sistema de aspersão, porém ao invés de ter um aspersor conectado na saída há quatro mangueiras de gotejamento após a eletroválvula.

4 TESTES E RESULTADOS OBTIDOS

O projeto se demonstrou eficiente na maioria das situações, porém o controle de temperatura em casos de resfriamento se mostrou muito devagar se comparado às outras funcionalidades. Isto se deve ao método de resfriamento evaporativo, este envolve que o ar ceda sua temperatura para que essa água evapore, porém este processo tende a ser longo. Outros métodos considerados pela equipe envolviam o consumo de muita energia elétrica ou preços de instalação muito altos, não fazendo deles opções viáveis.

Apesar disso, as plantas escolhidas para a estufa se desenvolveram de maneira adequada, pode-se notar isso analisando a Figura 19.



Figura 19: Resultado das plantas desenvolvidas na estufa

4.1 TESTES REALIZADOS

Foram realizados dois testes para comprovar a eficácia da estufa em climas distintos. A partir dos dados a seguir pode-se notar como o sistema se comportou de acordo com as condições impostas:

- Dia Frio:

Primeiro, para testar a capacidade de aquecimento, escolheu-se um dia frio. Definimos, então, uma faixa de temperatura bem acima da temperatura externa, conforme quadro 6, para assim analisa-se os resultados explicitados nas Figuras 20 e 21.

Quadro 6: Dados teste dia frio

Condições iniciais	
Temperatura(°C)	12
Umidade(%)	70
Condições do dia (média)	
Temperatura(°C)	11
Umidade(%)	70
Faixas definidas	
Temperatura máxima(°C)	25
Temperatura mínima(°C)	20
Umidade máxima(%)	70
Umidade mínima(%)	50

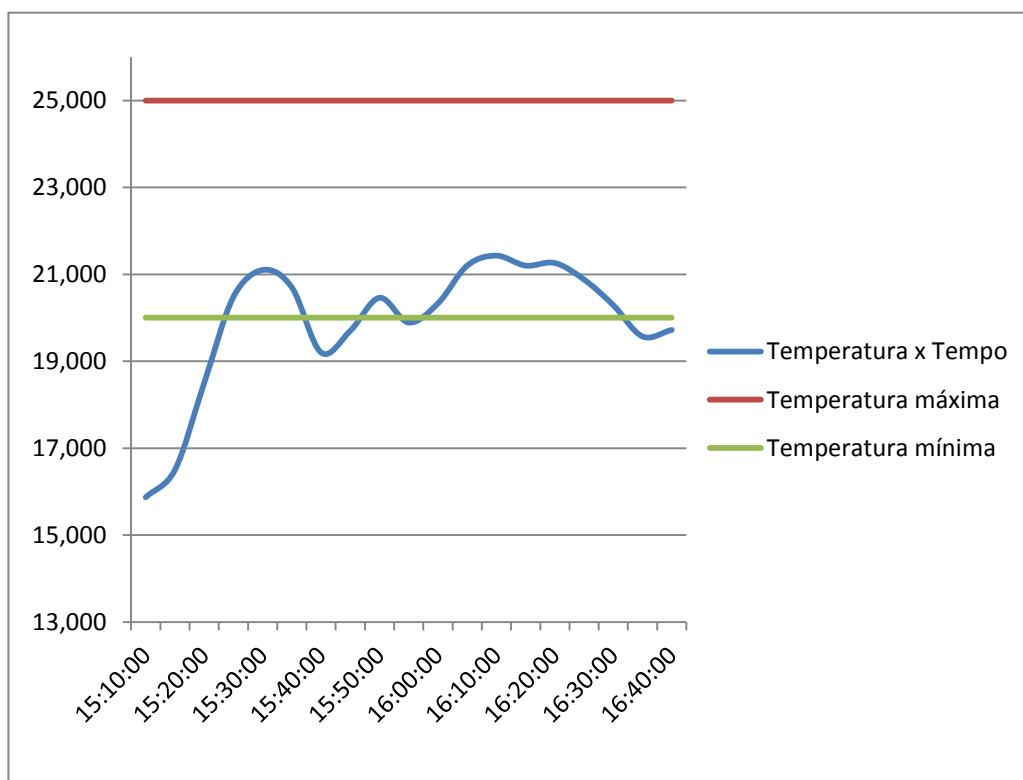


Figura 20: Gráfico Tempo x Temperatura

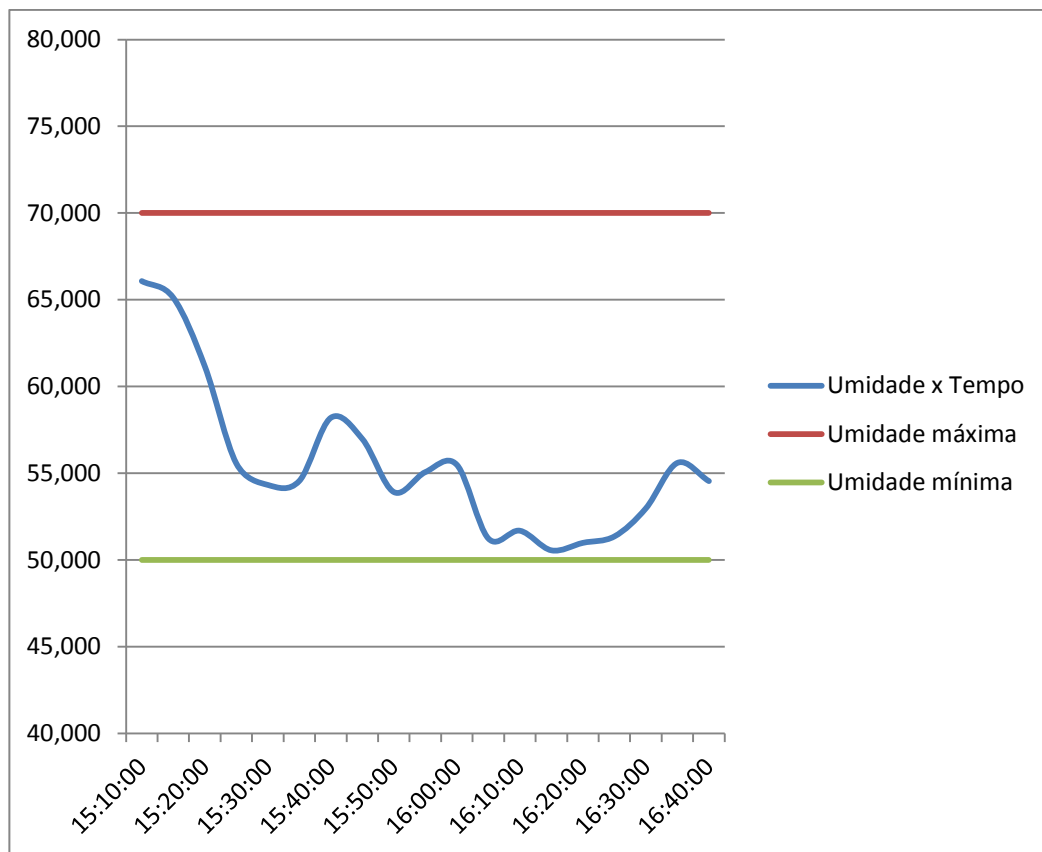


Figura 21: Gráfico Tempo x Umidade

Pode-se constatar na Figura 20 e 21, que o sistema desempenhou suas funções e considerando a diferença de temperatura, não levou muito tempo.

- Dia Quente:

Depois, para analisar o resfriamento, escolhemos um dia com temperatura quente, definindo uma faixa de temperatura baixa conforme o quadro 7. E os resultados do sistema de controle atingidos mostrados nas Figuras 22 e 23.

Quadro 7: Dados teste dia quente

Condições iniciais	
Temperatura(°C)	21
Umidade(%)	40
Condições do dia (média)	
Temperatura(°C)	16
Umidade(%)	45
Faixas definidas	
Temperatura máxima(°C)	12
Temperatura mínima(°C)	5
Umidade máxima(%)	70
Umidade mínima(%)	20

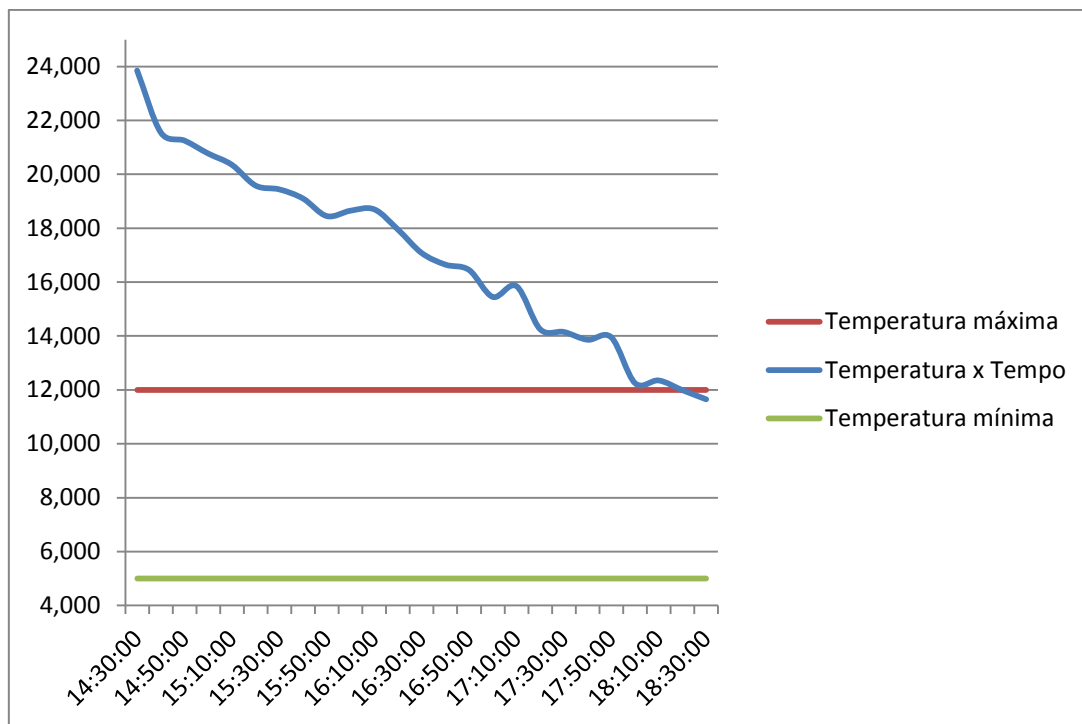


Figura 22: Gráfico Tempo x Temperatura

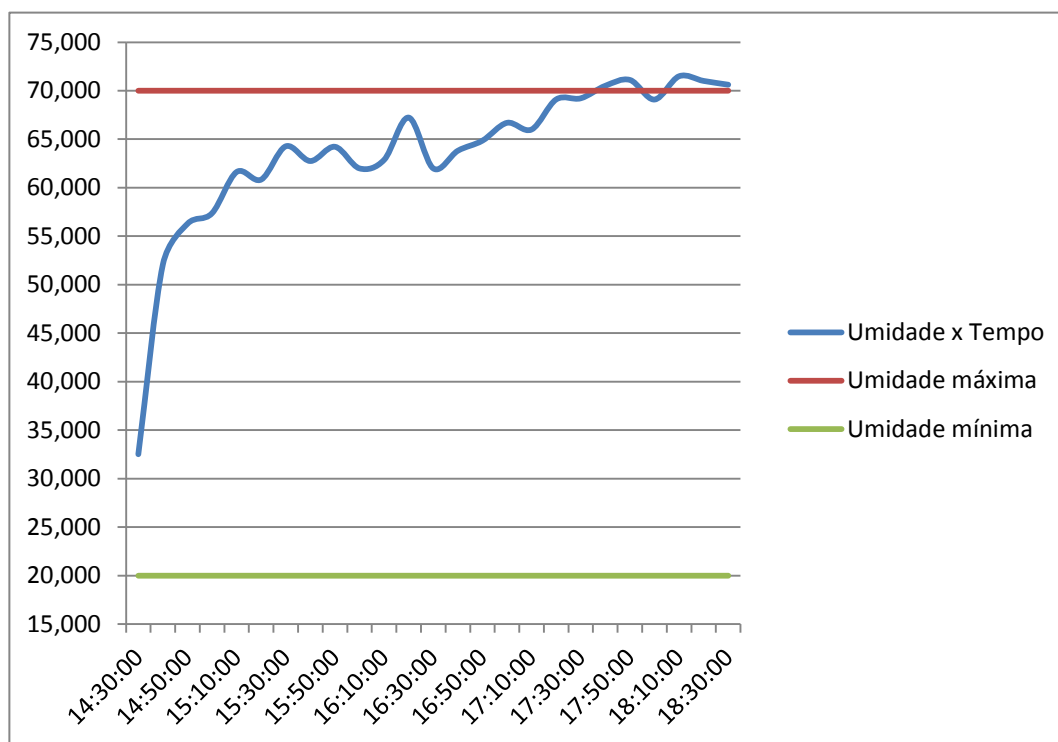


Figura 23: Gráfico Tempo x Umidade

Como no resfriamento evaporativo há a necessidade de elevar a umidade do sistema, na figura 23 é possível notar que houve um grande aumento na mesma, mas o sistema conseguiu abaixá-la quando ultrapassava este limite.

Nota-se também, que apesar de atingir a temperatura desejada conforme Figura 22, houve uma grande demora em controlar o sistema, não sendo muito eficiente apesar de funcional.

5 CRONOGRAMA

5.1 PLANEJAMENTO E ESPECIFICAÇÕES

Como demonstrado no início desse capítulo, o projeto passou por diversas fases para a sua implementação. Nesta seção, será demonstrado como procederam as atividades necessárias para o desenvolvimento e testes.

Para se desenvolver um bom projeto é importante que a fase de planejamento e especificações receba bastante atenção. Por isso, buscou-se conhecimentos que servissem de base para a realização da estufa. Na fase de planejamento foi definido o que e como fazer. Na fase de especificações foram definidas as características do projeto. Para isso foi feito um cronograma das atividades a serem realizados antes do desenvolvimento do projeto.

De uma forma a confrontar o planejamento inicial com o cronograma realizado após a execução do projeto, seguem abaixo duas tabelas. A primeira (quadro 8) contém o cronograma realizado no planejamento e a segunda (quadro 9). por sua vez, representa o cronograma realizado após o encerramento do projeto.

Quadro 8: Cronograma inicial

A.1.1.1.1 Período/Ano		2º semestre	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
A.1.1.1.2 Atividades/Metas		2011	2012	2012	2012	2012	2012	2012
1	Revisão Bibliográfica	x	x	x				
2	Planejar o escopo do projeto	x	x					
3	Escolher os componentes e materiais		x	x				
4	Analisar custos do projeto		x	x				
5	Adquirir os materiais para a estufa		x	x				
6	Construir a estufa		x	x				
7	Comprar os componentes eletrônicos			x	x			
8	Preparação do ambiente de desenvolvimento			x	x	x		
9	Elaborar o firmware e software			x	x			
10	Testar o sistema eletrônico fora da estufa				x	x		
11	Montar a parte eletrônica na estufa					x	x	
12	Realizar os testes finais e ajustar se necessário					x	x	

Quadro 9: Cronograma realizado

Período/Ano		2º semestre	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Atividades/Metas		2011	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
1	Revisão Bibliográfica	x	x	x	x					x	x
2	Planejar o escopo do projeto	x	x	x							
3	Escolher os componentes e materiais		x	x	x	x					
4	Analisar custos do projeto		x	x	x	x	x	x	x	x	
5	Adquirir os materiais para a estufa		x	x	x	x			x		
6	Construir a estufa		x	x	x	x			x		
7	Comprar os componentes eletrônicos			x	x	x		x			
8	Preparação do ambiente de desenvolvimento		x	x	x						
9	Elaborar o firmware e software				x	x	x				
10	Testar o sistema eletrônico fora da estufa				x	x	x	x			
11	Montar a parte eletrônica na estufa								x	x	
12	Realizar os testes finais e ajustar se necessário								x	x	x

É possível comprovar que houve atraso no cronograma ocorrido, principalmente, na fase da aquisição e construção da estufa. O principal motivo é que a maioria dos componentes não pertencia à região local, dificultando na entrega. Outro fato inesperado e importante foi a necessidade de preparação do ambiente para o desenvolvimento do software.

6 PLANO DE NEGÓCIOS

6.1 DEFINIÇÃO DO NEGÓCIO

6.1.1 NATUREZA DO NEGÓCIO

A empresa possui fabricação própria de seus produtos e seu negócio é baseado na venda para o varejo. O produto desenvolvido destina-se a comercialização para o setor da indústria agrícola e pretende ter como clientes micro, pequenos e médios agricultores e no longo prazo a empresa pretende expandir os negócios para os grandes produtores agrícolas.

O diferencial do produto vem do fato do mesmo ser de fácil utilização pelo usuário, pois permite que com conhecimentos básicos o usuário consiga configurar todo o sistema através de uma plataforma Windows, muito utilizada nos computadores pessoais, e com uma interface de toque que facilita a interação usuário-sistema. Ainda, o produto permite o salvamento e posterior carregamento de mais de uma configuração escolhida pelo usuário. Além disso, o preço é menor quando comparado com os dos concorrentes e a estufa tem a capacidade de atender mercados de menor escala no ramo agrícola, setor esse pouco explorado para estufas automatizadas. Haverá também assistência técnica, garantias e instalação completa do produto para os clientes.

6.1.2 MISSÃO

A empresa tem como missão fornecer um produto que possibilite o aumento da produção agrícola para os agricultores de pequeno e médio porte, proporcionando condições ambientes favoráveis para que os produtos agrícolas se desenvolvam mais rapidamente e com mais eficácia. A empresa prezará sempre pela qualidade dos produtos e serviços prestados e pela facilidade de uso pelo cliente (usuário), reduzindo a necessidade do trabalho humano repetitivo.

6.1.3 VALORES

Qualidade, facilidade, sustentabilidade e produtividade. Estas serão as capacidades humanas exigidas para todos os colaboradores da empresa. Procurar desenvolver um produto com qualidade, de fácil aplicação para o usuário, onde recursos ambientais (água, energia elétrica e o meio ambiente) sejam preservados, é o modo como todos desta empresa sempre devem aprimorar.

6.1.4 VISÃO

Ser a maior fabricante de estufas automatizadas de pequeno e médio porte do Brasil até 2017. Esta é a meta da empresa.

6.1.5 OBJETIVOS

- Vender 100 unidades no primeiro ano.
- Entrar em parceria com alguma grande fábrica de estufas como forma de ampliar a produção nos próximos cinco anos.
- Ampliar o nicho de mercado para a produção de grande porte nos próximos cinco anos.

6.1.6 OBJETIVOS INTERMEDIÁRIOS

- Para alcançar os objetivos principais a empresa visa conquistar os seguintes objetivos intermediários:
- Expor o produto em feiras de agronegócios para aumentar a divulgação nos próximos dois meses.
- Entrar em contato com grandes fábricas interessadas no projeto até o fim do primeiro ano.
- Desenvolver a tecnologia para produção de grande porte mantendo em paralelo com a produção já existente.

6.2 DEFINIÇÃO DO PRODUTO E SERVIÇOS

6.2.1 DESCRIÇÃO

O produto em questão é uma estufa agrícola que permite ao usuário automatizar o sistema de irrigação, o controle da temperatura e umidade do ambiente. A estrutura é construída em alumínio e apresenta o comprimento de 1,5m, a largura de 1,5m e a altura de 2,0m. Essa é revestida com plástico transparente e na estrutura são acoplados dois ventiladores e dois exaustores. Externamente haverá uma caixa d'água que consiste em captar água da chuva para ser utilizada na irrigação e umidificação do ambiente da estufa. O produto conta com uma resistência colocada internamente para o aquecimento. A fácil interface com o usuário é o grande diferencial do produto que pode atender produtores de pequeno e médio porte, assim como o aumento na produção do cliente. Além da estufa, a empresa oferecerá os serviços de instalação no local de toda a estrutura física e eletrônica para o cliente e garantia de um ano podendo ser estendida para três anos.

6.2.2 TECNOLOGIA E DESCRIÇÃO TÉCNICA

O produto utiliza componentes eletrônicos dos mais modernos dentre os existentes na atualidade, como é o caso do microcontrolador ARM 11 que é rápido, permite a instalação de sistemas operacionais que facilitam o uso do usuário e a utilização de diversos periféricos, como por exemplo, um LCD de 4,3" sensível a toque que é acoplado ao microcontrolador. O sistema operacional Windows CE 6.0 foi embarcado no microcontrolador, o que torna, assim, a interface parecida com o que o usuário de Windows para computador pessoal está acostumado. Sistema embarcado é uma tecnologia presente em grandes projetos tecnológicos, e este produto contará com mais esse recurso. Por se tratar de tecnologia atual, o microcontrolador ARM 11 não é facilmente encontrado no Brasil, mas, porém, é de fácil obtenção em outros países como a China. Além disso, a estufa têm sensores de excelente desempenho para obtenção de dados de temperatura e umidade, o SHT10 da empresa Sensirium

que permitem recursos de medição muito rápidos desses parâmetros. O produto contará com um sistema retrátil de material sombrite que de acordo com a necessidade possibilita a diminuição da temperatura do ambiente, através do fechamento do sistema retrátil do teto diminui-se a quantidade de luz que incide no interior da estufa, para o produto agrícola produzido. O sensor SHT10 pode ser obtido no Brasil, porém o custo fez com que a importação da China fosse preferida.

6.2.3 ANÁLISE COMPARATIVA

O produto apresenta concorrentes diretos que são todas as empresas que vendem estufas agrícolas. Estufas automatizadas similares são mais caras e na maioria dos casos atendem à demanda dos grandes produtores. A tecnologia empregada que facilita o uso da estufa é o grande diferencial do produto que será vendido com preço inferior ao dos concorrentes. O produto visa a atender, inicialmente, a pequenos e médios produtores, já que o mercado de pequeno e médio porte de estufas agrícolas automatizadas ainda é pouco atendido. O sistema de retração de cortina de sombrite é um grande diferencial dos concorrentes. É praticamente inexistente a prática de garantias no setor de estufas automatizadas, por isso a empresa oferecerá a garantia de um ano, podendo ser estendida para três. Além disso, haverá assistência técnica para o cliente, para casos de irregularidades ou até mesmo atualizações de softwares.

6.2.4 PRODUTOS E SERVIÇOS FUTUROS

Os produtos desenvolvidos pela empresa estarão constantemente passando por processos de melhorias e adaptações de acordo com necessidades futuras apresentadas pelos clientes com o intuito de proporcionar a venda de produtos que possuam maior proposta de valor, facilitando cada vez a interação entre usuário-sistema, recursos mais avançados e agregando qualidade no produto final. Dentre as melhorias pode-se destacar a utilização de tecnologia de comunicações sem fio para diminuir o mal contato entre terminais, facilitar a instalação e diminuir a incidência de rompimentos de cabos dos

equipamentos elétricos presentes. Estuda-se a inclusão de um sistema de redes seriais de tecnologia sem fio para facilitar a implementação do sistema de automatização em estufas de grande porte. Controlar e monitorar a iluminação de forma eficaz também é um projeto futuro breve. Qualquer adequação e necessidade pontual de cada cliente específico serão avaliadas como melhorias a serem desenvolvidas.

6.3 DEFINIÇÃO DO MERCADO

6.3.1 SEGMENTAÇÃO DO MERCADO

O produto se enquadra na indústria agrícola no segmento de equipamentos e insumos para o ramo agrícola e esse segmento se divide em equipamentos para grandes, médios e pequenos produtores. Para essa indústria nosso produto irá atender os segmentos designados pequenos e médios portes. O potencial de venda do produto para cada um dos segmentos está exemplificado abaixo:

Tabela 3: Análise de Mercado

<i>Análise de Mercado</i>	
<i>Cientes Potenciais</i>	<i>Ano Base 2012 TOTAL (%)</i>
Pequeno Porte	85
Médio Porte	15
Grande Porte	0

6.3.2 SEGMENTO ALVO

No início, a empresa pretende vender para os pequenos e médios produtores agrícolas, por questão de menor investimento inicial necessário. Mas como alvo pretende-se no futuro vender para os produtores de grande porte. A demanda de pequenos e médios produtores é alta, pelo número de agricultores, já no segmento de grande porte a demanda é maior por agricultor. Devido ao fato das estufas maiores serem proporcionalmente mais baratas do que as menores,

o interesse inicial em vender no segmento de pequeno e médio porte é mais lucrativo com menor necessidade de grandes investimentos. Contudo, devido ao maior potencial de crescimento, a empresa irá ter como segmento alvo os pequenos agricultores primeiramente.

6.3.3 NECESSIDADES DO MERCADO

A estufa proporciona o aumento da produção agrícola, diminuindo a necessidade de monitorar constantemente determinada plantação. O sistema desenvolvido permite que produtos agrícolas de diferentes regiões (exóticas) sejam cultivados em condições ambiente diferentes. E ainda auxilia no desenvolvimento de pesquisas que objetivam a diversificação de cultivos, através da simulação de ambientes climáticos para os mesmos. Com tudo isso é possível concluir que o mercado necessita de produtos que atendam necessidades específicas e que permitam aumento de produção e diversificação da mesma.

6.3.4 CRESCIMENTO

O ramo agrícola encontra-se em constante desenvolvimento e pode ser considerado uma das prioridades no Brasil por fazer parte da base econômica do país, portanto, investimentos governamentais sempre são despendidos para esse fim. Espera-se que o segmento de porte A e B (pequeno e médio) cresçam bastante nos próximos anos. O fator crescimento populacional contribui diretamente para o crescimento, e com o dólar em alta, proporciona a vantagem na exportação do produto e conseqüentemente crescimento. Logo, com o aumento da necessidade de produção de plantio, a estufa está diretamente atrelada ao crescimento agrícola, pois proporciona aumento na produtividade. Para o caso de clientes residências, o cultivo de plantas, por exemplo, orquídeas, vêm crescendo consideravelmente, nos últimos anos, o que é um novo mercado a ser explorado para estufas automatizadas.

6.3.5 MODELO DE DISTRIBUIÇÃO

Na maioria dos casos, os concorrentes oferecem o serviço de instalação no local à parte, não estando o mesmo incluso no preço da estufa, apenas disponibilizam o produto com o frete pago pelo cliente. Ou seja, o preço anunciado da estufa é para retirada no local. O frete é feito por meio rodoviário através do uso de caminhões. Os produtos similares, atualmente são vendidos por intermédio de lojas virtuais e físicas. A participação em feiras do ramo agrícola também é uma estratégia importante para a potencialização das vendas.

6.3.6 PRINCIPAIS PLAYERS

Para esse negócio os principais concorrentes são as empresas de estufas paranaenses que estão presentes na região de foco inicial, como por exemplo, a Metal Flor, e secundariamente as indústrias de estufas a nível Brasil que atendem todo o território nacional como a Planttec, Plantfort e Zanatta. Para o futuro, a empresa cogita fazer algum tipo de parceria com empresas que não fazem a parte automatizada nas estufas a fim de aumentar gradativamente as vendas, diminuindo o custo da mão de obra. Uma empresa em questão poderia ser a própria Metal Flor que possui sede no Paraná o que facilitaria as negociações.

Como clientes pode-se considerar as pessoas que possuem ambientes residenciais com espaço interno para estufas ou que possuem chácaras e/ou algum terreno no qual haja interesse em cultivos agrícolas, e, ainda, os agricultores de pequeno e médio porte, que queiram aumentar a produtividade, facilitando o cultivo de seu plantio.

Considera-se de extrema importância a escolha de fornecedores parceiros principalmente porque não haverá espaço e necessidade de grandes estoques de matéria prima para estrutura, como alumínio, telas de sombrite e plástico. Por isso, a empresa opta por fornecedores estruturais locais, como a Belmetal e Carrér irrigações. Haverá, também, necessidades de serviços de usinagem cujo serviço é oferecido por uma gama de potenciais fornecedores na região de Curitiba. Para a compra dos sensores, existem empresas chinesas interessadas

em fazer parceria com alta capacidade de produção e entrega da mercadoria, como a DFRobot. No caso do microcontrolador existe a possibilidade de compra com um distribuidor em grande quantidade, a And a Hammer. Para demais necessidades como cabos, soldas, motores DC e placas de circuito impresso a empresa optará por fazer parcerias com a Beta, Pares e Circuibrás.

6.3.7 DEFINIÇÃO DA OFERTA E PROPOSTA DE VALOR

O cliente final será o dono de alguma fazenda ou espaço que comporte uma estufa automatizada e o foco das vendas será direcionado para a indústria agrícola de pequeno e médio porte. A aplicação conta com a automatização de processos de irrigação, ventilação, aquecimento e resfriamento, permitindo que o usuário escolha as suas necessidades para a automatização. Dessa forma, a proposta de valor está atrelada a tecnologia empregada, promovendo facilidade de uso e ganho de produtividade com o controle do sistema. Deve-se ressaltar que um grande diferencial, que contribui com o aumento da proposta de valor, é a capacidade de diminuir-se a quantidade de luz incidente nas plantas com o uso do teto de sombrite retrátil, que devido ao fato de ser automatizado aumenta substancialmente o valor agregado no produto. O preço será um grande atrativo visto que estufas sem nenhuma automatização são apenas, aproximadamente, 20% mais baratas. Sensores de alta precisão e microcontrolador com processador de alto desempenho e velocidade garantem a confiabilidade do produto. Outro ponto importante está vinculado ao setor de serviços já que a garantia do produto juntamente com a garantia estendida e a assistência técnica, como a disponibilização de atualizações de software, só acrescentam e contribuem para a formação da proposta de valor. O produto ainda conta com uma tela colorida sensível ao toque de 4,3” que facilita a utilização do usuário. Essa interação pode ser feita através da tela sensível ao toque ou com a utilização de um mouse periférico. Com todos esses recursos o produto possui diferenciais significativos frente aos concorrentes e que irão contribuir para suprir a necessidade do cliente e usuário.

6.3.8 ESTRATÉGIA E IMPLEMENTAÇÃO

A estratégia de venda do produto será aplicada no varejo e contará com participação em feiras e preço menor do que a concorrência definido através de sua proposta de valor. Para isso, a empresa será sediada em uma loja na cidade de Curitiba com um alguns exemplos de produtos para que o cliente possa ter contato e adquirir o produto com as características que melhor se enquadrem em sua necessidade. A empresa terá o recurso de venda online e futuramente, após análise financeira, contará coma alguns representantes comerciais regionais, que além da responsabilidade de vendas também irão fazer assistência técnica e visitas a clientes potencias para garantir a permanência da empresa no mercado e principalmente fazer parcerias com cliente existentes e assim facilitar a expansão da mesma com adesão de novos clientes.

6.4 ESTRATÉGIA DE MARKETING

6.4.1 PREÇO

O cliente pagará o preço da estufa, no qual pode estar incluso o preço do frete e da instalação no local, dependendo do que ele optar. O preço será calculado conforme a área da estufa. Para áreas maiores o preço por m² (metro quadrado) será menor e para estufas menores, será maior. O preço para estufa de área de até 10m² será de 2.500,00 reais a unidade mais 200,00 reais por m², por exemplo, para uma estufa de 10m² o preço é de 2.500,00 + 200,00*10 que é igual a 4.500,00 reais. O preço leva em consideração, principalmente, a necessidade de componentes eletrônicos. Portanto, para estufas maiores o preço aumentado seria basicamente na estrutura e em sensores necessários. O microcontrolador passa a ser um custo fixo do produto.Os preços estão exemplificados na Quadro 11.

6.4.2 PUBLICIDADE

A divulgação do produto será feita através de participação em feiras de agronegócios e propaganda veiculadas na internet. Estuda-se a possibilidade do uso de outdoors também. Porém, o maior esforço da empresa é na propaganda feita pelos clientes satisfeitos para outros potenciais clientes, já que se acredita que esta última forma de propaganda é a que retorna para empresa melhor resultado.

6.4.3 PROMOÇÃO

Será fornecida a facilidade do pagamento parcelado e garantia de um ano mediante manutenção preventiva a cada seis meses de uso, agendada com o cliente, além de possibilidade de extensão da garantia para três anos com um acréscimo no preço final do produto de, aproximadamente, 500,00 reais. A garantia não incluirá mal uso pelo usuário, mas sim apenas falhas elétricas, como possível queima acidental dos sensores, ou defeitos de fabricação.

6.4.4 DISTRIBUIÇÃO

O Produto será entregue ao cliente por frete pago pelo emitente da nota e será agendada com o comprador a data e horário para a instalação. O colaborador que instalará o produto será a pessoa que dirá todas as informações sobre o produto e dará as instruções de sua utilização, assim como avisará de todos os processos de garantias e manutenções. Este instalador será bem treinado para estar apto a responder todas as dúvidas do cliente e resolver qualquer pequeno problema relacionado com a estufa.

6.4.5 INSTALAÇÃO

A empresa terá sede na cidade de Curitiba, e contará com uma loja e escritório para vendas no varejo. Necessitará de colaborador para instalação do

equipamento no cliente, dois computadores para emissão de notas e pedidos, ferramentas para montagem, e local para amostra de produtos (“showroom”).

6.4.6 ESTRATÉGIA DE VENDAS

Para facilitar e aumentar a produtividade na área de vendas será desenvolvido no site da empresa uma loja virtual onde o cliente poderá interagir e adquirir o produto conforme as características por ele solicitadas. No futuro a empresa estuda a contratação de alguns representantes comerciais regionais para auxílio na expansão de vendas do negócio.

6.4.7 FORECAST

Com a estratégia de vendas apresentada acima a empresa pretende vender em reais as seguintes quantidades exemplificadas abaixo, para os anos de 2013, 2014 e 2015.

Quadro 10: Receita Projetada

RECEITA PROJETADA									
PRODUTOS	Ano1			Ano2			Ano3		
	VOLUME	PREÇO	RECEITA %	VOLUME	PREÇO	RECEITA %	VOLUME	PREÇO	RECEITA %
1 Estufas até 10m²(por m²)	100	2500+ 200*m²	57500	300	2500+ 200*m²	160000	550	2500+ 200*m²	247500
2 Estufas até 30m²(por m²)	70	3800+80*m²	20800	200	3800+80*m²	46400	300	3800+80*m²	81000
3 Estufas até 100m²(por m²)	300	5000+40*m²	37000	400	5000+40*m²	46000	600	5000+40*m²	74000
4 Estufas acima de 100m²(por m²)	400	7000+20*m²	22000	700	7000+20*m²	42000	1000	7000+20*m²	55000
5 Montagens	20	R\$ 1.000,00	20000	35	R\$ 1.000,00	35000	65	R\$ 1.000,00	65000
6 Garantias estendidas	20	R\$ 500,00	10000	37	R\$ 500,00	18500	55	R\$ 500,00	27500
7		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0
8		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0
9		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0
10		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0		R\$ 0,00	0
RECEITA TOTAL '000		R\$ 167.300,00		R\$ 347.900,00			R\$ 550.000,00		

Esse valor em reais representa a venda de 26 estufas no primeiro ano, 58 estufas no segundo ano e 85 estufas no terceiro ano.

6.4.8 ALIANÇAS ESTRATÉGICAS

Como objetivo futuro a empresa pretende fazer aliança com alguma empresa de maior porte para aumentar a capacidade produtiva a fim de diminuir necessidade de grandes investimentos e, assim, o risco.

6.5 GESTÃO

6.5.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A empresa será composta de dois sócios engenheiros que receberão Pró-Labore e dois auxiliares de montagem inicialmente. Conforme a necessidade contratar-se-á mais colaboradores principalmente ligados às áreas de marketing, vendas, e mão de obra direta. A empresa será enquadrada perante a união como Microempresa categoria de Sistema Integrado de Pagamento de Impostos e Contribuições das Microempresas e das Empresas de Pequeno Porte (Simples), assim ela terá a obrigação e direito de pagar todos os impostos vinculados a esse tipo de empresa limitada. Com base na legislação vigente no país a empresa que tiver receita anual bruta menor do que R\$ 360.000,00 enquadra-se nesse tipo de categoria.

6.5.2 QUADRO DE PESSOAL

A empresa planeja ter o quadro pessoal conforme mostra a tabela 4.

Tabela 4: Quadro Pessoal

QUADRO PESSOAL	2013(R\$)	2014(R\$)	2015(R\$)
PRODUÇÃO			
MONTAGEM	18000	48000	48000
TOTAL	18000	48000	48000
MARKETING E VENDAS			
1 ANALISTA DE MARKETING	-	-	20000
1 REPRESENTANTE DE VENDAS	-	-	20000
TOTAL	0	0	40000
GERAIS E ADMINISTRATIVOS			
1 ANALISTA FINANCEIRO	-	-	23000
1 ANALISTA ADMINISTRATIVO	-	20000	24000
TOTAL	0	20000	47000
TOTAL GERAL	18000	68000	135000
TOTAL PESSOAS	2	5	8

6.6 PLANO FINANCEIRO

6.6.1 CONSIDERAÇÕES

Com base no forecast de vendas nos anos de 2013, 2014 e 2015, nos impostos incidentes contabilizados em torno de 32,5 %, nas despesas administrativas iniciais, estoques e outras despesas como, despesas da mercadoria vendida e salários, uma previsão de resultado de exercícios foi elaborada para os calendários-anos em questão. A tabela 5 segue contendo as despesas iniciais de escritório.

Tabela 5: Despesas iniciais do escritório

Item	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
<i>Computador</i>	2	R\$ 2.000,00	R\$ 4.000,00
<i>Bancada</i>	2	R\$ 1.000,00	R\$ 2.000,00
<i>Multímetro</i>	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
<i>Estação de solda</i>	2	R\$ 150,00	R\$ 300,00
<i>Kits de Ferramentas</i>	2	R\$ 400,00	R\$ 800,00
<i>Impressora</i>	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
<i>Serra elétrica</i>	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
<i>Furadeira</i>	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
<i>Material de escritório</i>	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
<i>Mesas de escritório</i>	2	R\$ 350,00	R\$ 700,00
<i>Cadeira de escritório</i>	8	R\$ 100,00	R\$ 800,00
<i>Bancada de computador</i>	3	R\$ 220,00	R\$ 660,00
<i>Armário</i>	3	R\$ 450,00	R\$ 1.350,00
<i>Rebitadeira</i>	3	R\$ 50,00	R\$ 150,00
<i>Mesa de reunião</i>	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00
<i>Valor Total</i>			R\$ 12.660,00

6.6.2 PROJEÇÃO DO RESULTADO E FLUXO DE CAIXA

Com base em análise de mercado foram apurados valores reais de aluguel de galpão e demais despesas administrativas para assim ser relacionado ao faturamento proveniente de venda de produtos e serviços da empresa, para fazer a demonstração do resultado.

No quadro 11 seguem a demonstração dos resultados e fluxo de caixas dos períodos de 2013, 2014 e 2015.

Quadro 11: Fluxo de caixa projetado

USO E FONTES - FLUXO DE CAIXA PROJETADO		Previsão	Previsão	Previsão
		1 2013	2 2014	3 2015
RECEITA BRUTA				
	Vendas de Produtos	137.300	294.400	457.500
	Vendas de Serviços	30.000	53.500	92.500
TOTAL DE RECEITA BRUTA		167.300	347.900	550.000
	% dos Impostos sobre Vendas	18%		
IMPOSTOS SOBRE VENDAS		30.114	62.622	99.000
RECEITA LÍQUIDA		137.186	285.278	451.000
CUSTO DOS PRODUTOS VENDIDOS				
	Mão de Obra Direta	18.000	48.000	48.000
	Matéria Prime e Materiais Diretos	15.000	35.000	60.000
	Despesas Indiretas	32.660	40.000	45.000
MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO		71.526	162.278	298.000
	% da Receita Líquida	52%	57%	66%
DESPESAS DE VENDAS				
	Fixas	4.000	4.000	4.000
	% sobre Receitas Brutas	3%		
DESPESAS DE VENDAS		4.120	4.120	4.120
DESPESAS FIXAS				
	Pessoal + Encargos + Benefícios		20.000	87.000
	Retiradas e Pró-labore	72.000	72.000	150.000
	Aluguéis+ Impostos+ Condomínios	14.400	14.400	14.400
	Administração	-	10.000	10.000
	Depreciação / Amortização	400	400	400
DESPESAS FIXAS		86.800	116.800	261.800
LUCRO				
	Lucro Operacional	(19.394)	41.358	32.080
	Imposto de Renda	15%	6.204	4.812
LUCRO LÍQUIDO APÓS IR		(19.394)	35.154	27.268
	% da Receita Líquida	-14%	12%	6%
VARIAÇÃO DE CAPITAL DE GIRO		Dez Ano0		
	Contas a Receber no final do período	5.000,00	15.000	35.000
	Estoques no final do período	15.000,00	10.000	15.000
	Contas a Pagar no final do período	5.000,00	8.000	8.000
	Impostos a Pagar no final do período	-	1.000	2.000
VARIAÇÃO DE CAPITAL DE GIRO		(1.000)	(24.000)	(9.000)
	Depreciação no período	+	21	49
FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL		-20.373	11.203	18.331
Investimentos em Ativo Fixo				
	Adições aos Ativos Fixos	-		
	Vendas de Ativos Fixos	+		
FLUXO DE CAIXA LIVRE (FCF)		-20.373	11.203	18.331
	Financiamentos Longo Prazo	+	10.000	
	Amortização de Financiamentos	-		-2.000
	Pagamento de Juros	-		-1.500
	Amortização de empréstimos Curto Prazo	-		
	Recursos Próprios	+	10.000	
CAIXA GERADA NO PERÍODO		-373	7.703	14.831
CAIXA GERADA ÀCUMULADA		-373	7.330	22.161

Conforme constado na tabela acima, as despesas indiretas envolvem materiais de escritório, contas de água, luz e telefone e outras despesas que possam interferir no preço do produto indiretamente.

É possível concluir que a empresa é econômica financeiramente viável e que no prazo de aproximadamente 15 meses ela estará lucrando e retornando o dinheiro investido com recursos próprios no início do negócio e, em torno de 20 meses a empresa pode quitar suas dívidas com financiamento. Sendo assim, conclui-se que este plano de negócio seguiu as análises mercadológicas e econômicas e indicou que o negócio pode ser satisfatoriamente implementado por um bom empreendedor.

7 CONCLUSÕES

7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto da estufa automatizada foi certamente um desafio para a equipe. Além do conhecimento de hardware e software, houve a necessidade de aprofundamento na área de biologia, mais especificamente na criação de plantas. Além do estudo de materiais que servissem ao nosso propósito, resistente à água, leve, barato e que suportasse o peso de todos os componentes da estufa.

O projeto foi concluído, atendendo a maioria dos objetivos propostos. Como mostrado nos testes, em ambos os extremos de condições de ambiente, a estufa conseguiu aquecer de maneira adequada, e conseguiu resfriar, apesar da baixa eficiência.

7.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

A maior dificuldade foi a utilização do Windows CE embarcado, foi necessário aproximadamente 20 horas de estudo para a programação de um *driver* que permitisse acesso aos pinos GPIO (General Purpose Input/Output) da placa, que eram protegidos pelo Windows. Somente após a superação desse

obstáculo que pode ser implementado a comunicação com os sensores e atuadores.

O grupo teve que lidar com válvulas solenóide inadequadas, tendo de modificar as bobinas para que se adequassem a pressão da água.

Houve dificuldade, como dito anteriormente, no resfriamento do ambiente, pois existem poucos métodos que realizam essa tarefa de maneira eficaz e, além disso, que consumam pouca energia e sejam baratos, pois um dos objetivos da estufa era de se manter com preço baixo, de aproximadamente 2.000,00 reais. Dessa maneira, o resfriamento evaporativo se mostrou como uma alternativa mais adequada.

A última dificuldade encontrada pelo grupo foi a tentativa do controle simultâneo da temperatura e umidade. Isto se deve pelo fato delas serem variáveis interdependentes. Desde o início era sabido que lidar com controle de variáveis assim era complicado, pois em alguns casos o controle de uma causava uma modificação não desejada na outra. Porém o sistema reagiu de maneira eficiente na maioria dos casos. Somente falhando em casos extremos que havia a necessidade de alterações de grande escala, como por exemplo, em diferenças em relação a temperatura externa maiores do que 10 graus.

7.3 OBJETIVOS ATINGIDOS

A estufa se mostrou eficiente e mais barata em relação a estufas de mesmo tamanho da concorrência, em análises feitas pelo grupo, foi constatado que essa diferença de preço chega a até 4.000,00 reais. A parte de sensoriamento foi desempenhada de maneira correta, informando a temperatura e umidade ambiente. Foi implementado, a partir dos dados dos sensores, o controle de temperatura, temperatura e o sistema de irrigação automática, todos funcionando corretamente. Há também a funcionalidade de uma cobertura retrátil com sombrite para proteger plantas que não podem receber grandes quantias de luminosidade, sendo esse também customizável pelo usuário.

Além de todo o sistema de controle do ambiente, a interface se mostrou de fácil uso, com comandos que podem ser dados tanto por mouse quanto pela tela sensível ao toque. As configurações usadas pelo usuário podem ser salvas e

carregadas a qualquer momento e, mesmo em casos de falha de energia quando o programa reiniciar haverá o carregamento das últimas instruções dadas mesmo que não tenham sido salvas.

O controle de luminosidade foi substituído pelo teto retrátil, após estudos com pessoas da área, como agricultores e jardineiros, notou-se que esse controle seria desnecessário, pois as plantas que são sensíveis a luz devem ter ele sempre fechado enquanto as que necessitam de luminosidade não.

7.4 MELHORIAS FUTURAS

Assim como todo protótipo, este se encontra em uma posição onde há espaço para melhorias.

Uma delas seria a implementação de um sistema de posicionamento do teto retrátil, para evitar possíveis falhas quando for manusear ele.

Além disso, apesar do plástico se mostrar como um bom material na cobertura da estufa por ser barato e transparente, devido as chuvas fortes que a estufa suportou, o peso da água fez com que o teto perde-se um pouco da elasticidade. Após algumas ocorrências, o plástico começou a acumular água mesmo ele sendo posicionado de maneira a escorrer água. Assim, há a necessidade de adaptar o teto da estufa para o uso de um material mais resistente como o vidro.

Além do sensor de temperatura e umidade do ambiente, existem sensores para a verificação da quantidade de água na terra das plantas e, apesar do preço elevado, os mesmos poderiam ser implementados para um cultivo mais eficiente.

Por último, foi construído um protótipo com medidas de 1,5m x 1,5m x 2m, ou seja, tamanho inadequado para grandes produções agrícolas. Sendo necessário, a implementação de um sistema de transmissão de dados sem fio para que se possa posicionar sensores em várias zonas de uma estufa de tamanho considerável.

REFERÊNCIAS

CGE: Centro de Gerenciamento de Emergências. **Umidade Relativa do Ar**, 2012. Disponível em: <<http://www.cgesp.org/v3/umidade-relativa-do-ar.jsp>> Acesso em 12 de agosto de 2012.

CERMEÑO, Z. Serrano. **Construcción de Invernaderos**. Madrid: Grupo Mundi-Prensa, 2005.

DOMODON. **A GPIO driver for mini 2440**, 2012. Disponível em: <<http://www.domodom.fr/spip/A-GPIO-driver-for-mini2440.html?lang=en>> . Acesso em 15 mar. 2012.

FIGUEIREDO, Gilberto. **CASA DA AGRICULTURA: Produção em Ambiente Protegido**. Campinas, São Paulo: CATI, n. 2, jun. 2011.

JÚNIOR, Antonio Bliska. **Manejo de Ambientes Protegidos**, 2011. Disponível em:<<http://www.asbraer.org.br/arquivos/bibl/56-ca-producao.pdf>> Acesso em: 10 Set. 2012.

NASCENTES, Celina. **Mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais emprega mais de 190 mil pessoas**. Disponível em: <<http://ambientalsustentavel.org/2011/mercado-brasileiro-de-flores-e-plantas-ornamentais-emprega-mais-de-190-mil-pessoas/>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

PINHEIRO, Cleusa. **CASA DA AGRICULTURA: Produção em Ambiente Protegido**. Campinas, São Paulo: CATI, n. 2, jun. 2011.

PLOUGHMAN, Terry. **Understanding Orchids**, 2007. Disponível em: <<http://www.the-wow-collection.com/software/orchids.pdf>> Acesso em: 15 Fev. 2012.

SILVA, Waldemar. **Cultivo de Orquídeas no Brasil**. 6. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 100 p.

SIMÕES, Magda Alina da Costa Duarte. **A TECNOLOGIA COMO AUXILIAR NA AGRICULTURA BIOLÓGICA EM ESTUFA**. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias Das Engenharias, Departamento de Engenharias, Universidade de Trás--os-montes e Alto Douro, Vila Real, 2007. Cap. 1. Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/63572894/47/Tipos-de-estufas-agricolas%E2%80%93sua-classificacao>>. Acesso em: 17 out. 2011.

SOLER & PALAU, S.A.. **A climatização de estufas**, 2006. Disponível em:<http://www.solerpalau.pt/formacion_01_39.html> Acesso em: 17 out. 2011.