



CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUFATURA AVANÇADA

RELATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO DIP III

SISTEMA PARA AQUISIÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS SMART FARMING

São José dos Campos
2023

RELATÓRIO VERSÃO 3.0 LIDA E APROVADA PELOS INTEGRANTES DA EQUIPE I9

DATA:

NOME COMPLETO DO ALUNO	ASSINATURA
Eduardo	
Felipe	
Felipe Pereira Lima	
Guilherme	
Jonathas	
Lucas	
Silvio	

Sumário

1. Informações da equipe e do projeto	3
2. Introdução.....	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Contexto do projeto	4
3. Requisitos e escopo do projeto	6
3.1. Escopo do projeto.....	6
Validação da Solução	6
Tratamento dos dados	6
Atualização	6
Software.....	7
3.2. Requisitos.....	7
Cultivo	7
Dados.....	7
Hardware	7
Documentos.....	7
4. Desenvolvimento	8
4.1. Fase 1	9
Definição da equipe e responsabilidades.....	9
Definição do escopo e requisitos do projeto	9
Atualização do software	9
Detalhamento do processo de validação	11
Backlog e Cronograma	15
Upgrade do armazenamento e tratamento dos dados	15
Tempo de Armazenamento e Tamanho dos Dados:	16
Utilização do Raspberry Pi:.....	16
4.2. Fase 2	17
Plantio e registro da evolução.....	17
Preparação do Solo:	17
Plantio:.....	18
Rega:	18
Monitoramento de insumos.....	18
Substrato Comum	18
Adubo.....	18
Iluminação artificial	18
Água potável.....	19
Arquitetura Hardware.....	19
Arquitetura Software	19

Transferência dos dados.....	20
Desenvolvimento dos gráficos	20
Croqui do manual de instrução	21
4.3. Fase 3	21
Revisão arquitetura de hardware	21
Revisão arquitetura de software	21
Análise de falhas.....	22
4.4. Fase 4	23
Implementação das ações de confiabilidade	23
Atualização do volume de irrigação	23
Atualização do tempo de iluminação	24
Adequação do método de plantio	24
Versão final do manual	25
Consumo de energia.....	26
Entrega da solução	26
Robustez.....	26
Custos.....	27
4.5. Fase 5	27
5. Resultados.....	27
6. Referências Bibliográficas	30
7. Anexo	32

1. INFORMAÇÕES DA EQUIPE E DO PROJETO

Tema do Projeto: Sistema para aquisição de dados ambientais

Nome da equipe: i9

Integrantes:

- Eduardo Almeida – Responsável por desenvolver o processo de validação e calibração dos sensores, criar os gráficos comparativos e validar efetividade da solução Smart Farming.
- Felipe Nogueira – Responsável pelo planejamento da atualização da solução para o ambiente externo, definição dos requisitos para o plantio (tipo de planta, insumos, adubo).
- Felipe Lima – Responsável pelo relatório técnico, atualização do programa, determinar a robustez, consumo de energia e tempo para a capacidade de memória.
- Guilherme Augusto – Responsável por monitorar o consumo de insumos, desenvolver a análise dos dados gerado.
- Jonathas Marques – Responsável pelo planejamento da atualização da solução *indoor* e atualização do manual da solução.
- Lucas Oliveira – Responsável por determinar a frequência de amostragem e gravação dos dados e a exibição dos dados e tabelas no Excel.
- Silvio Arnaldo – Responsável pela comparação do cultivo da estufa indoor com o cultivo realizado de forma convencional.

Professor de DIP: Prof. Dr. Alfred Makoto Kabayama

Professor cliente: Prof. Dr. Leonidas Lopes de Melo

Link do repositório de arquivos/portifólio da equipe:

[HTTPS://GITHUB.COM/TEAM-I9/PROJETO-SMART-FARMING/TREE/MASTER](https://github.com/TEAM-I9/PROJETO-SMART-FARMING/TREE/MASTER)

2. INTRODUÇÃO

Este estudo está situado na área da automação tendo como atividade principal descrever os passos para projeto de um sistema para aquisição de dados ambientais utilizando a metodologia ágil.

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é a adequação da solução para cultivo Smart Farming e validação do processo de cultivo de uma hortalixa ou planta utilizando a câmara desenvolvida.

Este trabalho auxilia e desenvolve os integrantes da equipe i9 através dos desafios, solução de problemas e execução do projeto, e ainda contribui com a área de tecnologia, compartilhando o trabalho desenvolvido.

Para a consecução deste objetivo foi descrito as atividades e etapas realizadas para a solução do desafio proposto utilizando os conceitos e ferramentas aprendidos até o presente semestre do curso de Manufatura Avançada utilizando a metodologia ágil, onde cada atividade é dividida em entregas com datas pré-definidas denominadas “Sprints” e as etapas são apresentadas aos professores e orientadores da FATEC.

Dessa forma, justifica-se a escolha do tema pela possibilidade de demonstrar o desenvolvimento da solução ao projetar um protótipo que possa satisfazer a necessidade do cliente interno.

2.2. Contexto do projeto

O projeto Smart Farming foi iniciado no primeiro semestre de 2023, onde foi desenvolvido um protótipo para aquisição de dados de temperatura ambiente e umidade do solo em uma estrutura para plantio *indoor*, onde os dados dos sensores são gravados periodicamente em um cartão de memória.

Um display LCD na parte externa da câmara demonstra os valores em tempo real de temperatura e umidade.

Foi programado alarmes com valores predeterminados para o processo, esses alertas são mostrados no display LCD.

Para o segundo semestre foi determinado como objetivo a equipe desenvolver a validação da solução proposta e desenvolver a tratativa dos dados, conforme a Tabela 2-1:

		Curso Superior de Tecnologia em Manufatura Avançada
Temas DIP III		2023-2
Sistema de aquisição de dados ambientais		
Equipe: i9		
Cliente: Leonidas Lopes de Melo		
Orientador: Alfred Makoto Kabayama		
<p>Descrição do problema</p> <p>Desenvolver um sistema para aquisição de dados ambientais. Continuar o desenvolvimento iniciado em 2023-1.</p>		
<p>Observações importantes (Premissas e Requisitos)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver soluções que apresentem fácil operação e manutenção; • Respeitar os prazos estabelecidos no cronograma para as entregas; • Todas as soluções estudadas e desenvolvidas pela equipe devem ser aprovadas pelo cliente. 		
<p>Entregáveis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamento dos dados; • Validação; • Relatório de atividades individuais; • Relatório técnico do desenvolvimento da solução. 		

Tabela 2-1 Tema MAVIII 2º semestre de 2023. Fonte: Teams Fatec (2023).

3. REQUISITOS E ESCOPO DO PROJETO

Para desenvolvimento da solução, foi definido em acordo com o cliente os requisitos e escopo do projeto. Para a definição do escopo e do requisito foi realizado reuniões na fase inicial de planejamento, os tópicos a seguir descrevem os acordos iniciais, e durante as fases de execução esses pontos poderão ser revisitados e atualizados de acordo com as necessidades, porém deverão ser devidamente justificadas e acordados novamente, caso necessário.

3.1. Escopo do projeto

O escopo do projeto foi dividido em 3 pilares, sendo eles:

Validação da Solução

- ☐ Processo para validar efetividade da solução atual através do plantio de uma alface e acompanhar o desenvolvimento;
- ☐ Validar efetividade da calibração dos sensores;
- ☐ Determinar a diferença do cultivo na estufa e na horta (índice de área foliar, cor, altura, aparência);
- ☐ Determinar a velocidade de crescimento;
- ☐ Determinar o consumo de insumos (água, nutrientes, horas de iluminação);
- ☐ Determinar robustez (Quebra, pane, deterioração);
- ☐ Determinar Consumo de energia;
- ☐ Determinar tempo para a Capacidade de memória;

Tratamento dos dados

- ☐ Compilar os dados para uma tabela;
- ☐ Criar gráfico comparativo de evolução da planta cultivada indoor com planta cultivada em horta de forma convencional;
- ☐ Criar gráfico de variação ao longo do tempo de temperatura ambiente e umidade do solo para análise do desempenho do protótipo;
- ☐ Análise dos dados (Umidade ambiente e solo - %, temperatura ambiente - °C, tempo);

Atualização

- ☐ Planejamento para Upgrade da solução para ser utilizada em um ambiente externo;
- ☐ Planejamento de Upgrade da solução Indoor;

Software

- ☐ Atualizar o programa, retirar conexão com Arduino Cloud;

3.2. Requisitos

Foi definido a lista de requisitos para realizarmos o teste e validação:

Cultivo

- ☐ Planta: Alface;
- ☐ Água potável;
- ☐ Substrato comum;
- ☐ Nutriente: NPK 10-10-10;

Dados

- ☐ Frequência de amostragem 10 minutos;
- ☐ Exibição dos dados - Tabela e gráfico no Excel;
- ☐ Capacidade de memória 32Gb;

Hardware

- ☐ Sensor de umidade do solo HD-38;
- ☐ Sensor de umidade e temperatura ambiente DHT-11;
- ☐ Lâmpada Grow LED soquete E27 120W;
- ☐ Alimentação 5V 1A;
- ☐ Alimentação 12V/3A e 5V/1A;
- ☐ Alimentação 220V padrão NBR 14136;
- ☐ Cooler 12V ø80mm;
- ☐ Bomba peristáltica 12V 90ml/min;

Documentos

- ☐ Relatório técnico em pdf;
- ☐ Manual Atualizado em pdf;

4. DESENVOLVIMENTO

O projeto foi dividido em cinco fases denominadas entregas, com datas previamente definidas no cronograma para o segundo semestre de 2023, conforme a Tabela 4-1. As fases de 1 a 4 estão dedicadas ao desenvolvimento e entrega da solução, e a fase 5 está dedicada a apresentação da solução ao público externo na feira de soluções.

		Curso Superior de Tecnologia em Manufatura Avançada
CRONOGRAMA E ENTREGÁVEIS DO DIP		
KICK OFF		14 A 18 DE AGOSTO
Apresentação dos temas pelo professor de DIP		
INICIALIZAÇÃO DO PROJETO		21 A 25 DE AGOSTO
<ul style="list-style-type: none">• Documento com a formalização da equipe, repositório de arquivos e portfólio.		
ENTREGA 01		15 DE SETEMBRO
<ul style="list-style-type: none">• Apresentação 01 do desenvolvimento/resultados;• Versão inicial do relatório.		
ENTREGA 02		11 DE OUTUBRO
<ul style="list-style-type: none">• Apresentação 02 do desenvolvimento/resultados;• Versão atualizada do relatório.		
ENTREGA 03		06 DE NOVEMBRO
<ul style="list-style-type: none">• Apresentação 03 do desenvolvimento/resultados;• Versão atualizada do relatório.		
ENTREGA 04		30 DE NOVEMBRO
<ul style="list-style-type: none">• Entrega da solução;• Apresentação 04 do desenvolvimento/resultados e apresentação da solução;• Versão final do relatório;• Vídeo, de no máximo 10 minutos, explicando todo o desenvolvimento realizado durante o semestre.		
ENTREGA 05		12 DE DEZEMBRO
<ul style="list-style-type: none">• Feira de soluções: apresentação da solução no hall da Fatec.		

Tabela 4-1 Cronograma e entregáveis do DIP. Fonte: Teams Fatec (2023).

4.1. Fase 1

Nesta etapa foi desenvolvido as atividades de planejamento para as entregas de cada fase, conforme descrito abaixo:

Definição da equipe e responsabilidades

Realizado a definição da equipe através de reuniões em sala com os professores, onde foi acordado a equipe i9 continuar com os 7 integrantes do semestre anterior, sendo alterado apenas as funções estratégicas de PO - *Product Owner* e SM - *Scrum Master* sendo nomeado para PO: Felipe Lima e SM: Felipe Nogueira.

As responsabilidades foram divididas de acordo com as informações no capítulo 1. Informações da equipe e do projeto.

Definição do escopo e requisitos do projeto

Foi definido o escopo e requisitos do projeto, dividido os papéis e responsabilidades para cada um dos 4 pilares do escopo e requisitos conforme descritos no capítulo 1. Informações da equipe e do projeto.

Durante a reunião em sala foi discutido junto com o orientador os pontos relevantes para a construção do escopo e requisito conforme Figura 4.1.

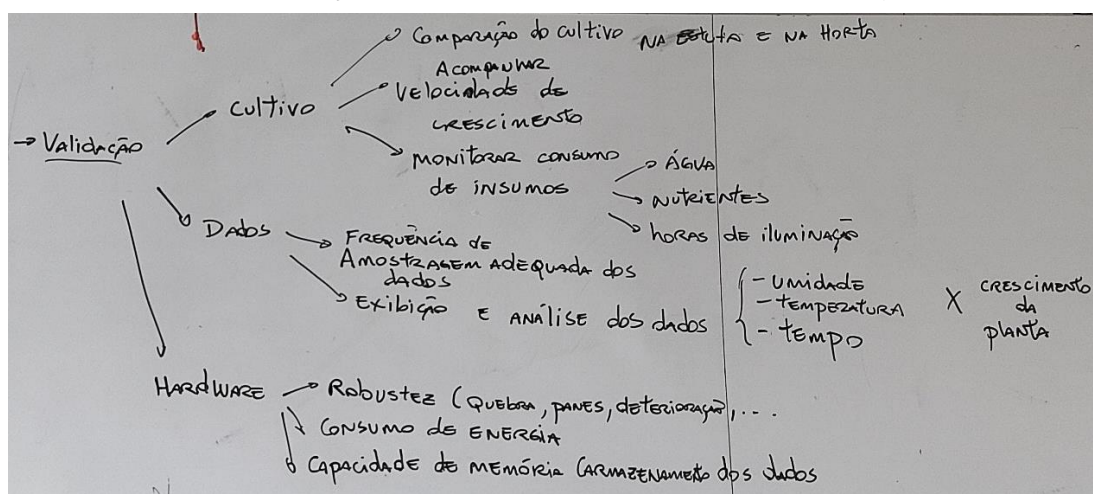


Figura 4.1 Início do escopo e requisitos do projeto. Fonte: Prof. Alfred Makoto (2023)

Atualização do software

Nesta etapa foi realizado a preparação da estufa para fazermos a validação desvinculando a câmara da plataforma Arduino Cloud pois a plataforma possui limitações de tempo para uso do aplicativo necessitando um acesso a uma conta Premium para continuar usufruindo dos serviços da *IoT Cloud* e Aplicativo. Também o teste com o equipamento utilizando a rede da escola requer autorizações especiais para avaliação do risco associado á conexão com uma

plataforma fora da escola, foi sugerido a continuidade do teste inicialmente somente com dados locais, e na programação de melhorias para a câmara para os próximos semestres será estudado a possibilidade de integração com a rede e criação de aplicativos.

Nesta etapa de atualização foi utilizado componentes para teste em bancada para simular as condições de controle (Figura 4.2).

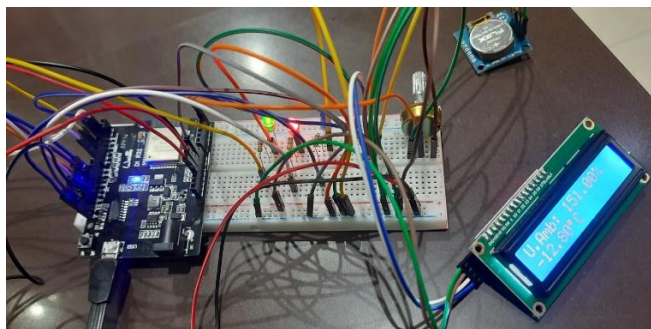


Figura 4.2 Teste de componentes em bancada. Fonte: autoria própria (2023)

Foi alterado o formato do arquivo de texto para arquivo bloco de texto (.txt conforme Figura 4.3) para arquivo que pudesse melhor ser estruturado os dados para preparar para um futuro banco de dados, desta forma foi escolhido o formato CSV (valor separado por vírgula) conforme Figura 4.4 Teste gravar os dados em tabela formato CSV. Fonte: autoria própria (2023).

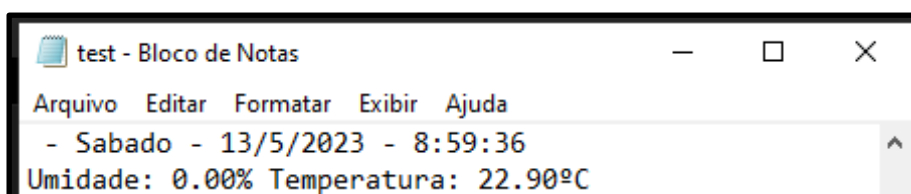


Figura 4.3 Formato gravação no bloco de notas. Fonte: autoria própria (2023)

	B	C	D	E	F	G
1	Data	Hora	Um. Solo	Um. Amb.	T. Amb.	Dosagem
2997	09/09/2023	10:03	0	58	24.30	0.00
2998	09/09/2023	10:03	60	58	24.30	7.91
2999	09/09/2023	10:03	0	58	24.30	0.00
3000	09/09/2023	10:03	60	58	24.30	87.31
3001	09/09/2023	10:05	0	58	24.30	0.00
3002	09/09/2023	10:05	60	58	24.30	96.17
3003	09/09/2023	10:08	0	58	24.30	0.00
3004	09/09/2023	10:08	60	58	24.30	16.38
3005	09/09/2023	10:12	60	58	24.30	0.00

Figura 4.4 Teste gravar os dados em tabela formato CSV. Fonte: autoria própria (2023)

As informações do display se limitavam a informar a umidade do solo e a temperatura ambiente.

Foi inserido a mensagens no display para facilitar o acompanhamento do processo, inserido a mensagem com informação da última gravação no cartão SD realizada com sucesso, podendo acompanhar se houver alguma falha de gravação eliminando necessidade de retirar o cartão para conferir as leituras e certificar que está sendo gravado, e também foi adicionado mensagens para: acompanhar a quantidade total de água utilizada desde o início da validação, informar a umidade ambiente e se a lâmpada está ligada em modo manual ou automático. A Figura 4.5 mostra algumas das mensagens implementadas na atualização.

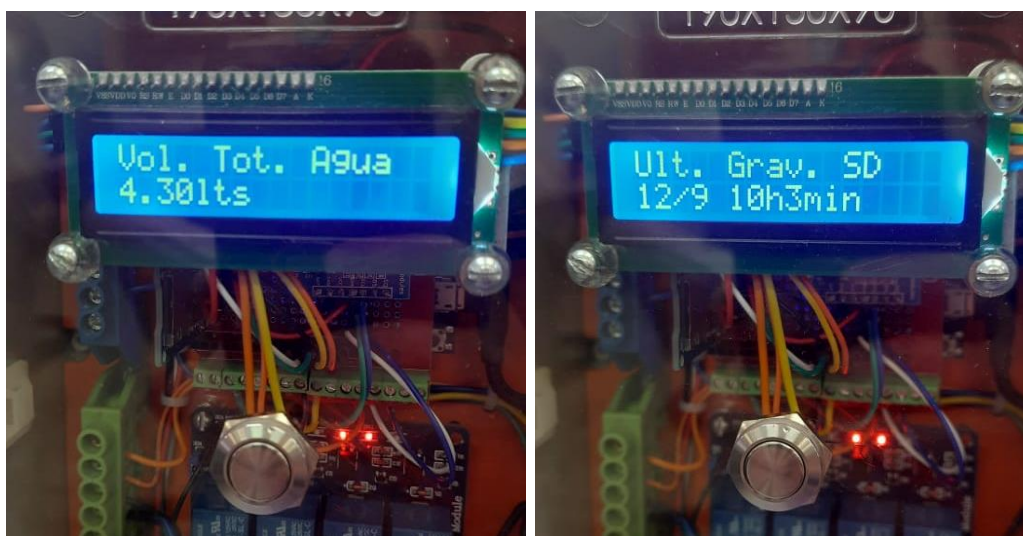


Figura 4.5 Mensagens totalizador de água e última gravação no cartão. Fonte: autoria própria (2023)

Detalhamento do processo de validação

Foi detalhado o processo para a execução da validação, descrito as etapas de calibração dos sensores, criado formulário para acompanhamento diário do desenvolvimento da planta e contabilizar os insumos utilizados durante o processo de validação. Também nesta etapa foi listado os materiais necessários para ser realizado o processo de validação.

Para a validação foi priorizado:

1. Atualizar o programa;
2. Aferir leitura dos sensores;
3. Definir os insumos para a validação;
4. Criar fichas de instrução e registro da aferição;
5. Criar formulário de acompanhamento;

Todas as fichas e formulários utilizados estão no apêndice no final deste trabalho.

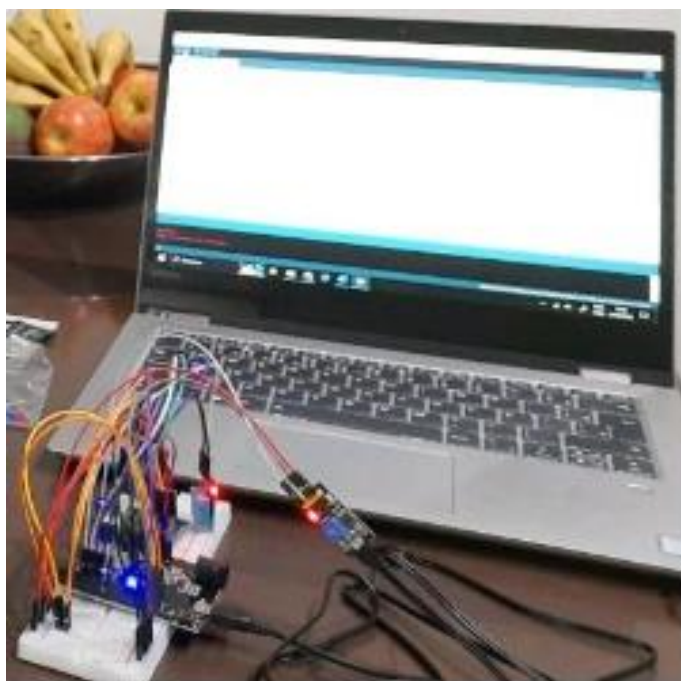


Figura 4.6 Atualização do programa e testes. Fonte: autoria própria (2023)



Figura 4.7 Pesagem de insumos para padrão na aferição dos sensores. Fonte: autoria própria (2023)



Figura 4.8 Potes com os padrões para aferição dos sensores. Fonte: autoria própria (2023)

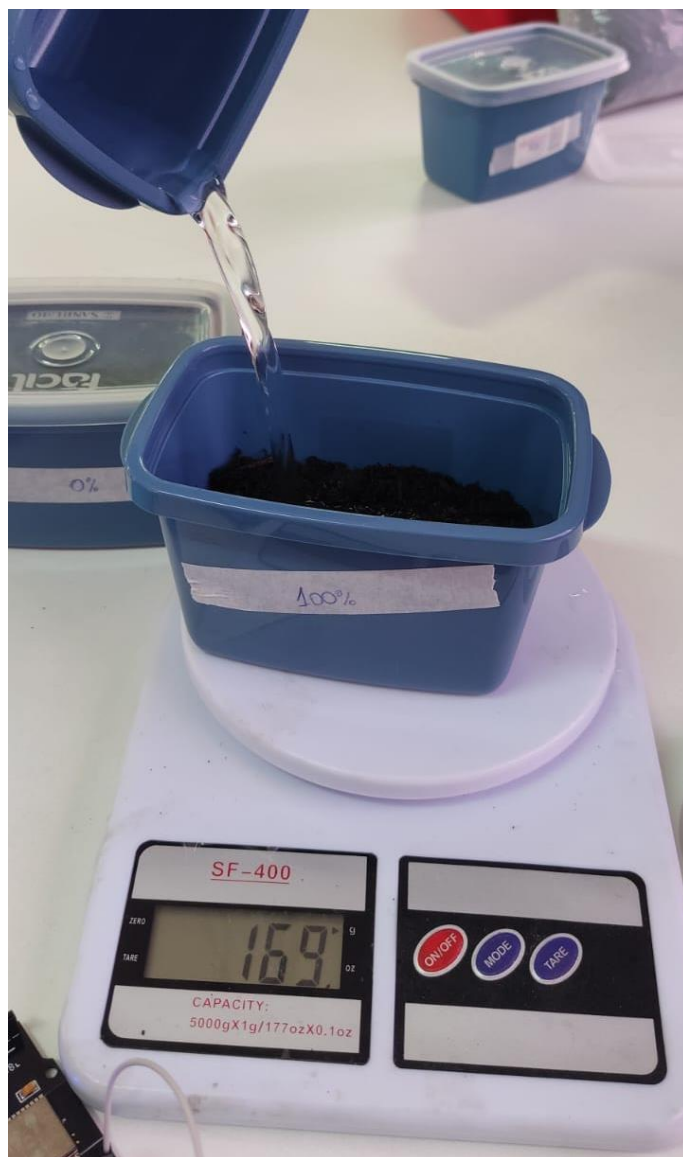


Figura 4.9 Finalização do padrão com o percentual adequado de água. Fonte: autoria própria (2023)

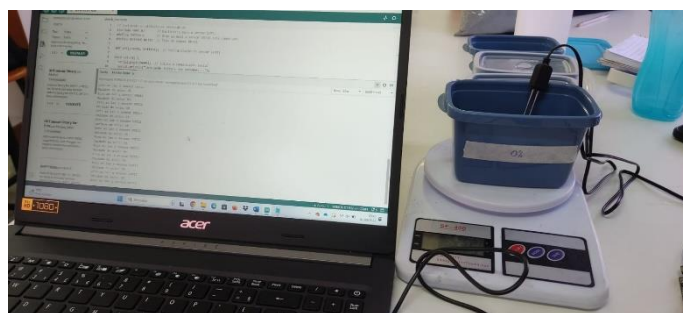


Figura 4.10 Aferição do sensor de umidade do solo. Fonte: autoria própria (2023)



Figura 4.11 Plantio da Alface Indoor. Fonte: autoria própria (2023)



Figura 4.12 Plantio da alface de forma convencional para comparação. Fonte: autoria própria (2023)

Backlog e Cronograma

Inicialmente foi realizado um brainstorm para o backlog com as atividades necessárias e os tópicos relevantes para o desenvolvimento da validação e planejamento de melhorias.



Figura 4.13 Mural com atividades do backlog. Fonte: autoria própria (2023)

Também foi desenvolvido o cronograma em Excel para ajustar as atividades de acordo com a expectativa de entrega para as datas acordadas e facilitar a visualização das etapas através de um gráfico de Gantt. Segue abaixo Tabela 4-2 onde está demonstrado o cronograma da primeira fase, o cronograma completo está no apêndice no final do relatório.

Projeto: Smart Farm Equipe: Inove													
k.o.I.P. Agosto Setembro													
Colu	Descrição	Atribuído a:	Data de Iní	Data do Tér	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
Atividade	Atribuído a:	Início	Término										
Fase 1													
1.1	Formalização da equipe	Silvio	14/ago/23	25/ago/23									
1.2	Brainstorm	i9	14/ago/23	31/ago/23									
1.3	Divisão das atividades	Felipe Lima	18/ago/23	01/set/23									
1.4	Escopo e requisitos do projeto	Felipe Nogueira	18/ago/23	31/ago/23									
1.5	Detalhamento do processo de validação	Eduardo	21/ago/23	06/set/23									
1.6	Criar check list para acompanhamento	Silvio	21/ago/23	06/set/23									
1.7	Validar sensores	Eduardo	21/ago/23	06/set/23									
1.8	Materiais para o plantio e validação	Felipe Nogueira	21/ago/23	06/set/23									
1.9	Adequação do fechamento frontal para iniciar a validação	Silvio	21/ago/23	01/set/23									
1.10	Determinar frequência de amostragem adequada	Lucas	21/ago/23	01/set/23									
1.11	Atualização programa Smartfarming	Felipe Lima	21/ago/23	06/set/23									
1.12	Relatório técnico	Felipe Lima	21/ago/23	14/set/23									
1.13	Croqui inicial para a atualização/Upgrade	Jonathas	21/ago/23	07/set/23									
1.14	Link Github	Guilherme	28/ago/23	06/set/23									
1.15	Apresentação Entrega 1	Guilherme	28/ago/23	08/set/23									
1.16	Estudo da solução para tratativa dos dados	Lucas	14/ago/23	15/set/23									

Tabela 4-2 Cronograma inicial fase 1. Fonte: autoria própria (2023)

Upgrade do armazenamento e tratamento dos dados

Analisando a importância de se ter dados acurados, organizados e demonstrados graficamente que possam ser utilizados para se tomar decisões, entender falhas e justificar investimentos em qualquer processo, foi criado a função de armazenar os dados do protótipo “Smart Farming”, para sua análise durante o processo do plantio. Para isso, os dados são armazenados em um

cartão “microSD” de 8GB instalado em um leitor de cartão micro SD instalado no microcontrolador. Os dados são salvos em tabela no formato “.csv”.

“O armazenamento de dados é o registro e a preservação de informações digitais para o seu uso em operações em curso ou futuras.” - [Fonte \(IBM\)](#)

Os dados armazenados no cartão são:

- + Data (dd/mm/aaaa);
- + Horário (Horas:Minutos);
- + Umidade do solo (%);
- + Umidade Ambiente (%);
- + Temperatura Ambiente (°C);
- + Volume de água (ml);

Tempo de Armazenamento e Tamanho dos Dados:

Após alguns períodos de discussão com o cliente e os professores orientadores, foi acordado que inicialmente os dados deverão ser gravados a cada 10 minutos. Determinado este período como o mais adequado para o teste e validação visando auxiliar no entendimento do processo e permitir detectar possíveis falhas e erros, sejam eles de programação, mecânicos, elétricos, ou outro qualquer a ser identificado ao longo da validação.

Escolhido para a validação o processo para cultivo de uma alface, o tempo de crescimento será por volta de dois meses (60 dias), ao longo do cultivo será adicionado em média 50 caracteres por gravação, que somarão aproximadamente 432 mil caracteres ao final do semestre. O resultado será um arquivo tendo em média 432KB, esperado ter entre 100KB e no máximo 1MB, sendo adequado a utilização do cartão microSD de 8GB.

Considerando 1MB a cada 60 dias, levaria mais de 1000 anos para ocupar toda a memória do cartão micro Sd.

Utilização do Raspberry Pi:

No início do semestre, foi discutido qual seria o desafio proposto e uma das possibilidades levantadas foi a utilização de uma Raspberry Pi como solução para posteriormente se fazer uso de uma ferramenta gráfica e os dados serem apresentados enquanto são atualizados. O objetivo é criar um servidor local utilizando um Raspberry Pi e integrá-lo ao processo com o microcontrolador WeMOS, em especial com propósito de ter a capacidade de passar os dados do cartão microSD presente no painel do protótipo de maneira automatizada, já que

esse processo atualmente só poderia ser feito manualmente e, com um servidor local, será possível acessar as informações de qualquer lugar se conectado à internet.



Figura 4.14 Logo Raspberry Pi. Fonte: <https://www.raspberrypi.com> (2023)

4.2. Fase 2

Nesta etapa foi priorizado as atividades para a validação e acompanhamento dos resultados.

Plantio e registro da evolução

Nesta etapa fizemos o registro do crescimento de três mudas de alface com o intuito de validar o processo estabelecido e verificar a eficiência do protótipo desenvolvido. A documentação do processo de plantio, desenvolvimento e evolução da alface, e análise de falhas é importante para avaliação do resultado e comparar com processos convencionais.

Também foi plantado mudas de alface em vaso fora do ambiente controlado da câmara para se ter um parâmetro para comparar com a evolução do plantio indoor controlado.

Preparação do Solo:

Em 13/09/2023 o vaso foi preparado para o plantio da alface. Foi utilizado terra vegetal e adubado com composto orgânico para fornecer os nutrientes necessários à planta.

O adubo utilizado foi o NPK 10-10-10 (10% de nitrogênio, 10% de fósforo, 10% de potássio), que é um fertilizante equilibrado pois fornece quantidades iguais dos três principais macronutrientes necessário para o desenvolvimento da planta. Essa fórmula é frequentemente usada para promover um crescimento saudável.

Para a mistura de terra vegetal e adubo foi utilizado 400ml de água para diluição do adubo conforme instrução no rótulo do produto.

Plantio:

Na mesma data da preparação do solo, a alface foi plantada com uma profundidade de aproximadamente 7 centímetros. A distância entre as plantas foi mantida em 20 centímetros.

Rega:

A rega da alface foi programada para acontecer automaticamente. A umidade ideal do solo para o cultivo da alface é cerca de 60%, por isso foi programado para que a bomba ligue a dosagem de água se a umidade do solo for inferior a 50% e a bomba desliga quando a umidade chega a 57%.

O valor inferior de umidade do solo foi definido 50% para que diminua um pouco a umidade e o solo tenha uma pequena oxigenação.

O valor máximo de 57% de umidade do solo para a dosagem da bomba foi considerado pela inércia do aumento da umidade, pois quando a bomba para no valor ajustado de 57%, a terra continua a absorver a umidade e estabiliza em um valor superior, cerca de 85%.

Monitoramento de insumos

Os insumos utilizados para o crescimento da planta são: Substrato comum, adubo, iluminação artificial e água potável.

Substrato Comum

Foi utilizado 3kg de terra para o plantio de 3 mudas de alface.

Adubo

Foi utilizado 5g de adubo NPK 10-10-10 para 1kg de terra vegetal.

Iluminação artificial

Para a realização da fotossíntese da planta indoor está sendo utilizado uma lâmpada específica chamada *Grow LED*.

O uso de uma lâmpada artificial para o crescimento das plantas é uma prática comum em plantio *indoor*. Essa fonte de luz artificial fornece à planta a energia necessária para realizar a fotossíntese, processo vital que converte a luz em energia química. No entanto, é essencial considerar vários fatores ao utilizar lâmpadas artificiais para o cultivo de plantas.

A qualidade da luz emitida pela lâmpada, incluindo a quantidade de luz nas faixas de espectro vermelho e azul, é crucial para o crescimento das plantas.

A lâmpada Grow led utilizada emite aproximadamente 650 lumens a uma distância de 50cm da alface.

O período de iluminação foi controlado para imitar o ciclo de luz natural e foi definido para a validação um ciclo de 16 horas com iluminação e 8 horas sem iluminação.

A distância da lâmpada para a alface é de 50cm.

Água potável

A água potável foi utilizada em dois períodos: Na preparação do solo durante a adubação e posteriormente de forma automática na dosagem da bomba.

A quantidade de água utilizada na preparação do solo está registrada dentro do capítulo 0 no subtítulo Preparação do Solo:

Arquitetura Hardware

Foi atualizado a arquitetura de hardware com os componentes atualizados, facilitando o entendimento e a conexão entre os componentes conforme Figura 4.15.

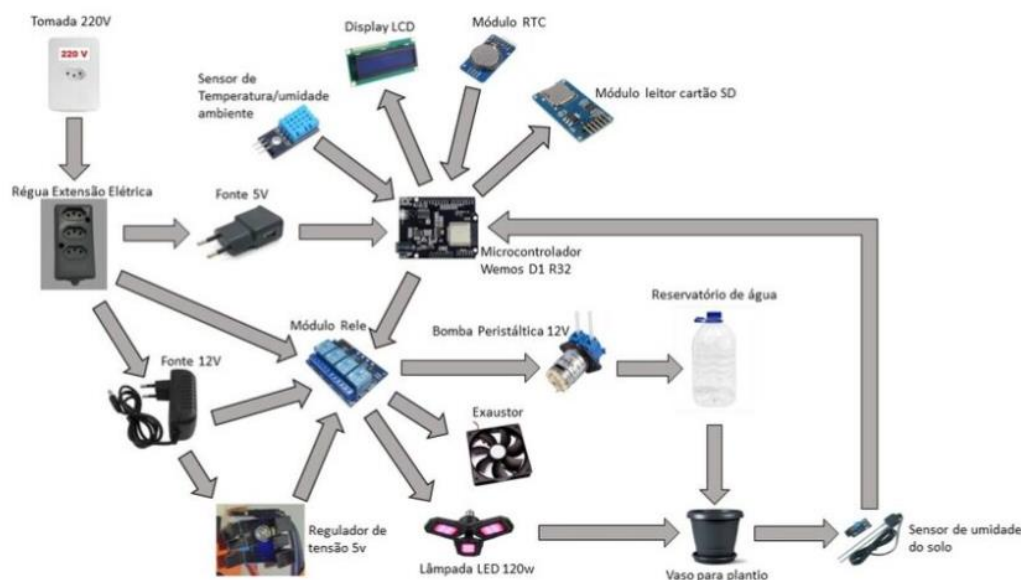


Figura 4.15 Arquitetura de hardware. Fonte: autoria própria (2023)

Arquitetura Software

A arquitetura de software foi desenvolvida de mono a facilitar o entendimento das etapas do programa e tomada de decisão do microcontrolador.

Segue abaixo a Figura 4.16 que ilustra a arquitetura de software utilizada.

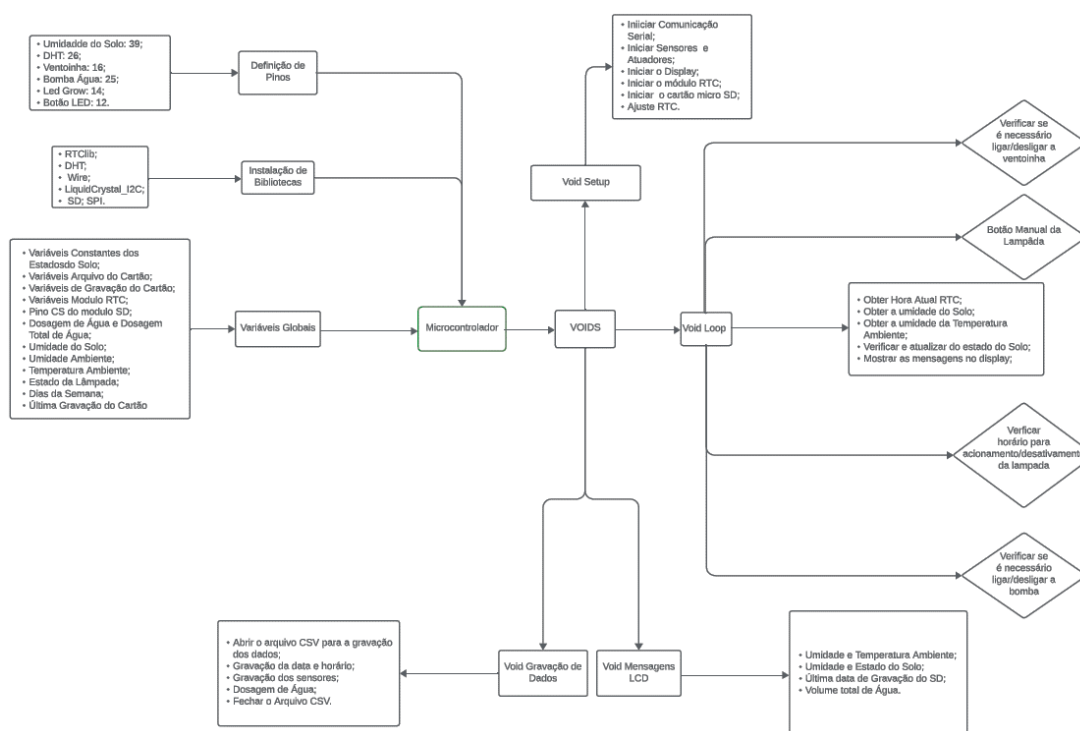


Figura 4.16 Arquitetura de software. Fonte: autoria própria (2023)

Transferência dos dados

A transferência dos dados para o computador está sendo realizado de forma manual até que seja feito a atualização para armazenamento dos dados em servidor local (em desenvolvimento).

Para transferir os dados para o computador é necessário retirar o cartão micro SD, inserir em um adaptador formato cartão SD e inserir no computador. Os dados serão acessados em uma planilha no formato .CSV e poderão ser trabalhados no computador para análise e tomada de decisão baseado no histórico. Os detalhes são apresentados no manual da câmara, que está na seção apêndice deste trabalho.

Desenvolvimento dos gráficos

Os dados gerados pelos sensores foram transformados em gráficos para poder analisar a estabilidade do processo. A Figura 4.17 Dados de monitoramento. Fonte: autoria própria (2023) mostra a variação do processo em um período de 17 dias.

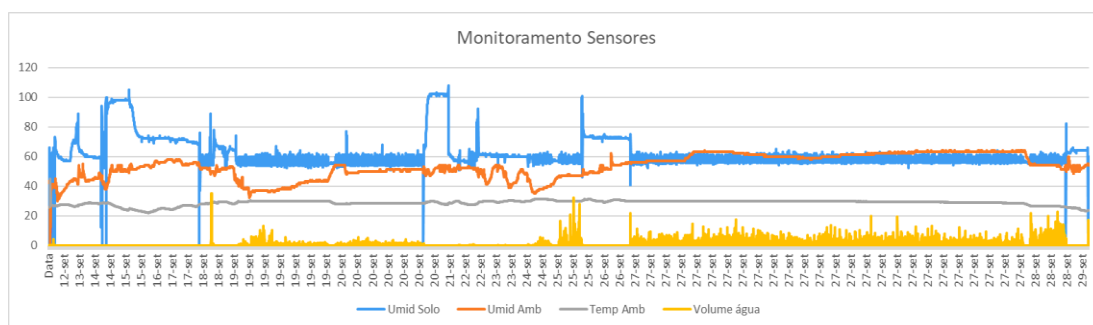


Figura 4.17 Dados de monitoramento. Fonte: autoria própria (2023)

Croqui do manual de instrução

Foi realizado o croqui do manual e adequado conforme as atualizações e implementações do protótipo.

A versão atualizada do manual contém as novas mensagens do display, o sensor e lâmpada modificados para a validação.

4.3. Fase 3

Esta etapa foi dedicada em trabalhar a robustez e confiabilidade da câmara, visando atualizações de acordo com o entendimento das falhas ocorridas e plano de ação encontrado para solucionar as oportunidades encontradas.

Revisão arquitetura de hardware

Foi realizada atualização para ligar e desligar a lâmpada de forma manual, visando auxiliar o acompanhamento e inspeção da câmara.

Quando ligado a câmara, a lâmpada é ligada de forma automática, para o processo atual a lâmpada fica acesa

Ao pressionar o botão por 3 segundos a lâmpada é ligada de forma manual e não se desligará até que seja pressionado novamente o botão.

Pressionando novamente por 3 segundos a lâmpada se apagará.

Revisão arquitetura de software

Durante a rotina de inspeção e acompanhamento diário da câmara foi verificado a necessidade de desligar as luzes manualmente devido as inspeções para registro da evolução e validação do sistema.

Para essa condição de inspeção foi acrescentado uma função ao botão do painel para desligar a lâmpada Grow Led e facilitar a inspeção.

Análise de falhas

Durante a validação do sistema e componentes utilizados foi observado algumas oportunidades e falhas durante o processo de validação.

Para compreender as falhas observadas e definir o correto plano de ação para as oportunidades encontradas foi utilizado as ferramentas abaixo:

- ✚ Brainstorm
- ✚ Diagrama de Ishikawa
- ✚ 5 Porquês
- ✚ 5W2H

Durante o Brainstorm fizemos a categorização das causas utilizando a matriz de causa e efeito utilizando o diagrama de Ishikawa.

Posteriormente, tentando compreender melhor as causas foi utilizado os 5 porquês, onde foi possível aprofundar mais nas causas e então foi possível definir uma ação efetiva para cada causa encontrada.

Para o plano de ação foi utilizado a ferramenta 5W2H, onde foi determinado qual seria a ação, o motivo, local, os responsáveis, o prazo, como será feito a ação, qual o valor e a evolução da execução de cada ação.

As figuras abaixo demonstram as ferramentas utilizadas, a planilha completa encontra-se no apêndice ao final do relatório.

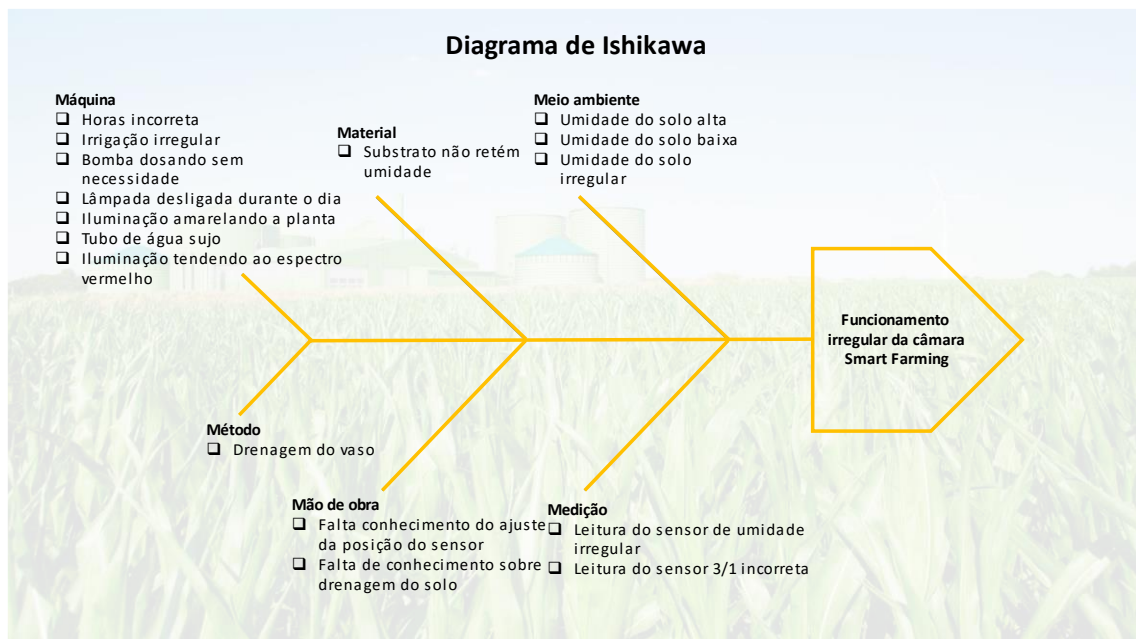


Figura 4.18 Diagrama de Ishikawa. Fonte: autoria própria (2023)

Resolução de problema através de 5 por quês													
	Causa	Categoria	1º Por quê?		2º Por quê?		3º Por quê?		4º Por quê?		5º Por quê?		Ação ou Melhoria proposta
1	Horas incorreta	Máquina	Mau funcionamento do RTC		Pinos de comunicação soltos		Falha na solda do pino		Solda realizada sem pasta				1.1 Soldar os pinos do RTC novamente utilizando pasta. 1.2 Criar rotina de inspeção de mau contato na solda dos pinos quinzenalmente.
			Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	
			V		V		V		V				
2	Irrigação irregular	Máquina	Vazão nos furos da mangueira não estão uniforme		Perda de pressão ao longo da mangueira		Bomba não tem vazão/pressão suficiente para ajuste de vazão ao longo da mangueira		Sistema projetado para dosagem em uma única planta				2.1 Utilizar bomba com maior vazão/pressão ao utilizar plantio com maior número de plantas e utilizar válvulas reguladoras para dosagem em cada ponto.
			Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	
			V		V		V		V				
3	Bomba dosando sem necessidade	Máquina	Sensor de umidade indicando umidade do solo baixa		Posição do sensor em ponto onde a umidade estava irregular		Posicionamento do sensor incorreto		Falta conhecimento da posição do sensor de umidade (Item 10)				3.1 Testes com vaso sem planta para identificar o correto posicionamento do sensor. 3.2 Colocar limite de dosagem diário para a bomba
			Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	Verdadeiro ou falso?	Justificativa p/ falso?	
			V		V		V		V				

Figura 4.19 Planilha 5 porquês. Fonte: Autoria própria (2023)

Plano de ação							
O que	Por que	Onde	Quem	Quando	Como	Quanto custa	Etapas atuais
1.1 Soldar os pinos do RTC novamente utilizando pasta.	Evitar recorrência da falha de mau contato do módulo	Laboratório Maker	Felipe Lima	25/10/2023	Ferramental de solda estanho, EPI's	Materiais disponíveis no laboratório	Feito
1.2 Criar rotina de inspeção de mau contato na solda dos pinos quinzenalmente.	Inspeção da condição básica para manter a função	Laboratório Maker, painel da câmara Smart Farming, módulo RTC	Felipe Nogueira	21/11/2023	Criar procedimento para a inspeção	N.A.	Em andamento
2.1 Utilizar bomba com maior vazão/pressão ao utilizar plantio com maior número de plantas e utilizar válvulas reguladoras para dosagem em cada ponto.	Garantir eficiência da irrigação	Laboratório Maker, Sistema de dosagem	Felipe Lima	01/02/2024	Dimensionar pressão/vazão necessária para dosar em mais de um ponto, adquirir a bomba, substituir.	Entre 100 e 200 reais	Em espera
3.1 Testes com vaso sem planta para identificar o correto posicionamento do sensor	Definir o melhor local para a leitura da umidade	Laboratório Maker	Eduardo	21/11/2023	Recipiente transparente de 50cm de altura para definir a taxa de drenagem	N.A.	Em andamento

Figura 4.20 Planilha 5W2H. Fonte: autoria própria (2023)

4.4. Fase 4

Implementação das ações de confiabilidade

Para a melhora da performance da câmara foi implementado as seguintes melhorias: Atualização do volume de irrigação, atualização do tempo de iluminação e adequação do método de plantio.

As ações foram implementadas para acompanhamento da segunda fase de acompanhamento do protótipo.

Atualização do volume de irrigação

Para o volume de irrigação foi estabelecido limite de dosagem diário mínimo e máximo na programação. Após a análise de consumo de água durante irrigação, foi definido que a irrigação de água deve ser no mínimo 45ml diariamente e o valor máximo 90ml diário.

A dosagem de água acontece diariamente no período da manhã com 45ml de água. No período da noite se a umidade do solo tiver inferior a 80% é realizado uma nova dosagem de 45ml.

Atualização do tempo de iluminação

Foi verificado durante a última inspeção que algumas folhas de alface se encontravam com sinais branco sinalizando possivelmente excesso de tempo de iluminação (até então a iluminação tinha um período de 16 horas).

Atualizado o tempo de iluminação para 10 horas diário.

Adequação do método de plantio

No estudo realizado utilizando Ishikawa e 5 porquês para o entendimento das oportunidades do protótipo, ficou evidente a necessidade de trabalhar a drenagem do solo e aumentar o tamanho do vaso para distanciar a raiz do fundo do vaso.

Foi utilizado um vaso de diâmetro 40cmx40cm de altura, utilizado na parte inferior argila expandida para drenagem e uma manta sobre a argila expandida para impedir o substrato de interferir na drenagem do vaso caso por não chegar ao fundo do vaso.



Figura 4.21 Argila expandida no fundo do vaso. Fonte: autoria própria (2023)



Figura 4.22 Manta sobre a argila expandida. Fonte: autoria própria (2023)



Figura 4.23 Plantio da segunda fase. Fonte: autoria própria (2023)

Versão final do manual

Foi desenvolvido a versão final do relatório. O relatório está no apêndice deste relatório e contém as seguintes informações:

- ☐ Conceito
- ☐ Especificações técnicas
- ☐ Instruções de segurança
- ☐ Lista de componentes
- ☐ Visão geral dos componentes
- ☐ Mensagens do display
- ☐ Modos da lâmpada
- ☐ Colocar em funcionamento
- ☐ Abastecimento do reservatório
- ☐ Limpeza do sensor de umidade do solo
- ☐ Troca da lâmpada
- ☐ Orientações sobre o vaso para plantio
- ☐ Preparação do substrato para plantio
- ☐ Informações do nutriente utilizado
- ☐ Troca da bateria do módulo RTC
- ☐ Leitura dos dados no cartão SD
- ☐ Informações do consumo de energia

Consumo de energia

Para verificar o consumo de energia, foi disponibilizado pelo professor orientador um aparelho wattímetro onde monitoramos o consumo por 12 dias. No final deste período calculamos o consumo mensal e anual esperado.

Foi realizado teste com o equipamento utilizando de forma separada bomba dosadora e iluminação.

Bomba e iluminação ligadas: Com a bomba e iluminação ligadas, a potência é de 15.01W, corrente: 135mA.

Bomba desligada e iluminação ligada: Com a bomba desligada e iluminação ligada, a potência é de 13.90W, corrente: 126mA.

Bomba e iluminação desligadas: Com a bomba e iluminação desligadas, a a potência é 5.37W, corrente: 43mA.

Tempo monitorado: 17267 minutos, aproximadamente 288 horas ou 12 dias.

Consumo total no período: 3,8kwh

Consumo por hora = Consumo total em kWh / Total de horas

$$3.8 \text{ kWh} / 287.78 \text{ horas} \approx 0.0132 \text{ kWh por hora}$$

Consumo total em 30 dias = Consumo por hora * Total de horas em 30 dias

$$0.0132 \text{ kWh} * 720 \text{ horas} = \text{aproximadamente } 9.5 \text{ kWh a cada 30 dias.}$$

Consumo total em 1 ano = Consumo por hora * Total de horas em 1 ano

$$0.0132 \text{ kWh} * 8766 \text{ horas} = \text{aproximadamente } 116 \text{ kwh em um ano.}$$

Utilizando como referência o valor de R\$0,90 o kWh no estado de São Paulo, o valor do processo para este processo seria de aproximadamente R\$8,55 ao mês ou R\$105,00 ao ano.

Entrega da solução

Foi apresentado a solução aos professores e alunos da Fatec em 30/11/2023, ressaltado os pontos de destaque do processo e as oportunidades encontradas ao longo dos testes.

Robustez

Foi verificado que a maioria dos componentes operou de forma satisfatória e cumpriram a sua função.

As datas e horas tiveram uma falha proveniente da solda realizada nos pinos, e após a adequação da solda realizada o módulo RTC operou sem falhas.

A gravação dos dados teve uma excelente performance, não ocorreu falhas e os dados ficaram organizados na planilha.

Não houve falha no sensor de umidade e temperatura ambiente, funcionando com performance satisfatória no processo.

O sensor de umidade do solo não apresentou corrosão durante a o período de teste, o que se deduz que realmente é um modelo resistente à corrosão. Já os valores apresentados foram um ponto negativo ao longo dos testes. Foi verificado que após um período em contato com o solo ele tem a tendência de estabilizar a leitura em um falso valor de umidade do solo, algumas vezes registrando um valor maior que o real e em outras vezes registrando um valor menor. A solução para estabilizar a leitura do sensor foi retirar do solo e limpar diariamente, não sendo necessário ajuste no programa da faixa de leitura do sensor.

Custos

Este semestre foi dedicado á validação da solução apresentada no semestre anterior, portanto os custos apresentados são dos materiais utilizados para a validação.

Material	Quantidade	Valor total
Substrato vegetal	25kg	R\$65,00
Água	13Lts	R\$20,00
NPK 10-10-10	1kg	R\$20,00
Argila expandida	3lts	R\$6,50
Manta	50x50cm	R\$2,50
Total		R\$114,00

4.5. Fase 5

Na fase 5 foi realizado a apresentação final no hall da Fatec durante a feira de soluções.

Foi apresentado ao público presente todo o processo de desenvolvimento, os pontos positivos e negativos encontrado durante o processo ao longo do semestre.

5. RESULTADOS

Os testes e validação realizada deram á equipe uma boa experiência ao determinar através de um processo criado pelo próprio grupo os passos ao longo do semestre para determinar a confiabilidade da câmara e as demais oportunidades.

O processo de acompanhamento através das inspeções realizadas foi importante e decisivo na determinação da robustez da solução apresentada.

Ao longo do processo tivemos um excelente resultado relacionado aos componentes do painel de controle, principalmente os componentes responsáveis pelo registro e exibição dos dados.

O ponto de destaque da solução apresentada foi o painel onde está o microcontrolador e o módulo leitor de cartões micro SD. Os dados foram armazenados durante todo o período sem falhas de gravação ou de leitura dos dados registrados. A possibilidade de ver os dados de forma atualizada e entender também a evolução de cada uma das variáveis ao longo do tempo são fatores cruciais para entender os pontos positivos de um processo, entender falhas e até justificar investimentos. Com os dados obtidos foi possível verificar o comportamento de cada variável ao longo do tempo (umidade do solo, umidade ambiente, temperatura ambiente, volume de água, data, hora). O formato de gravação em planilha de formato CSV foram o fator importante para facilitar trabalhar os dados gerados pelos sensores para monitoramento do solo e do ambiente.

Conclui-se que as melhorias e adequações realizadas deram ao protótipo a confiabilidade necessária para continuar o desenvolvimento do processo de cultivo *indoor*, operando no geral de forma satisfatória durante o período de testes.

O módulo RTC também teve um resultado satisfatório após a adequação da solda realizada, registrando corretamente as datas e horas, auxiliando o acompanhamento do processo de validação.

As atualizações das mensagens contribuíram de forma significativa para o processo de testes e validação, permitindo verificar a quantidade de água dosada entre os períodos que fizemos o monitoramento através das frequentes inspeções, e a mensagem da última gravação realizada com sucesso auxiliou no acompanhamento da evolução na gravação dos dados durante o acompanhamento do funcionamento eliminando a necessidade de se retirar o cartão SD para certificar que estava ocorrendo a gravação.

As ferramentas de análise de falhas utilizada (Ishikawa, 5 Porquês, 5W2H) deram o direcionamento para a solução das oportunidades encontradas, e direcionaram a equipe nas ações e tratativas adequadas de cada ponto analisado.

Não foi possível determinar a velocidade de crescimento pois as falhas apresentadas de irrigação no início do processo causaram estresse das mudas de alface e de acordo com o especialista em agronomia entrevistado, após o estresse a planta pode não se desenvolver mais conforme o esperado, sendo necessário ao final deste ciclo um novo plantio utilizando a câmara com as atualizações implementadas.

Também não foi possível realizar o comparativo das plantas cultivadas de forma convencional pois estas não morreram no início do processo aparentemente por enxarque e excesso de sol.

Para estas duas questões, o preparo e cultivo do próximo teste será realizado por um especialista no então processo de cultivo, com a intenção de eliminar possíveis falhas durante o plantio e cultivo por falta de habilidade com o cultivo de alface ou outra planta a ser testada.

Outro ponto de atenção é o sensor de umidade do solo. Para um sistema que tem como fator importante a correta referência da umidade do solo, é de extrema importância que este tenha uma correta leitura da condição da umidade do solo corretamente. Neste caso, o sensor utilizado HD-38 mostrou-se instável e dependente de uma operação de limpeza para funcionar corretamente. Para um sistema que tem apenas um sensor o trabalho/custo da operação não é relevante. Mas tratando-se de um sistema que provavelmente seja escalado para uma área maior, a implementação de um número maior de sensores pode ter como resultado um inconveniente de se fazer uma operação diária de limpeza e restauração da condição, podendo aumentar o custo de operação, confiabilidade do processo e dependendo pode até tornar inviável a solução. Com esta percepção ao final do processo, ficou estabelecido que nos próximos semestres será realizado um estudo de confiabilidade em sensores de umidade do solo para que seja sugerido ao final do processo um sensor de maior confiabilidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Daniela Teixeira Guerreiro, UNIOESTE, CASCAVEL, PARANÁ, 2021 -
Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia de
Energia em Agricultura - DESENVOLVIMENTO DA ALFACE HIDROPÔNICA
COM COMPLEMENTO DE LUZ VERMELHA EM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Apêndice

Itens do apêndice:

- ✓ Cronograma
- ✓ Planilha Ishikawa
- ✓ Planilha 5 Porquês
- ✓ Planilha 5W2H – Plano de ação
- ✓ Fichas Validação
- ✓ Relatório de aferição dos sensores
- ✓ Manual da solução

7. ANEXO