



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Projeto Integrador de Engenharias 2

A2P2: Analisador de Ambiente Para Plantações

Brasília, DF
2020



Lista de ilustrações

Figura 1 – Logo. Fonte: Autores	12
Figura 2 – Metodologia Kanban. Fonte: Kan+ban	15
Figura 3 – Metodologia SCRUM. Fonte: SCRUM	16
Figura 4 – Representação arquitetural da A2P2. Fonte: Autores	30
Figura 5 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 1. Fonte: Autores	30
Figura 6 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 2. Fonte: Autores	31
Figura 7 – Composição do sistema de alimentação. Autoras: Luyza Lorenna La- cerda Lopes e Francisca Raiane Gomes Pessoa	33
Figura 8 – Integração das Conexões. Fonte: Internet	33
Figura 9 – Módulo ESP32. Fonte: USINAINFO 2020	35
Figura 10 – Sensor de umidade do solo. Fonte: ELETROGATE 2020	36
Figura 11 – Sensor de pH do solo. Fonte: AMERICANAS 2020	37
Figura 12 – Sensor BME280. Fonte: AMERICANAS 2020	38
Figura 13 – Anemômetro. Fonte: USINAINFO 2020	39
Figura 14 – Pluviômetro. Fonte: USINAINFO 2020	40
Figura 15 – Modulo GSM SIM808. Fonte: FILIPEFLOP 2020	40
Figura 16 – Diagrama de fluxo lógico da estação Solo. Autor: Igor de Alcantara Rabelo	42
Figura 17 – Diagrama de fluxo lógico de todo o sistema. Autor: Igor de Alcantara Rabelo	43
Figura 18 – Esquemático da estação do solo. Autor: Wilton Miro Barros Júnior . .	44
Figura 19 – PCB da estação do solo. Autor: Wilton Miro Barros Júnior	44
Figura 20 – Esquemático da estação do clima. Autor: Wilton Miro Barros Júnior .	45
Figura 21 – PCB da estação do clima. Autor: Wilton Miro Barros Júnior	45
Figura 22 – Esquemático da Estação do Solo. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes	46
Figura 23 – Esquemático da Estação Meteorológica. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes	47
Figura 24 – Bateria de 12V, 4Ah - Estação do Solo. Fonte: UNIPOWER 2020 . .	51
Figura 25 – Bateria de 12V, 24Ah - Estação Meteorológica. Fonte: REISBATERIAS 2020	52
Figura 26 – Controlador de carga de 5v para 12V, 5A - Estação do Solo. Fonte: MERCADOLIVRE 2020	53
Figura 27 – Controlador de carga de 18V para 12V, 10A - Estação Meteorológica. Fonte: SUNHOME 2020	53

Figura 28 – Sistema de condicionamento de potência como conexão entre os sistemas de geração, armazenamento e carga. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes e Francisca Raiane Gomes Pessoa	54
Figura 29 – Conversor CC/CC Step Down LM2596. Fonte: CURTOCIRCUITO 2020	54
Figura 30 – Conversor CC/CC Step-up Mt3608. Fonte: ELETROGATE 2020	55
Figura 31 – Esquemático do quadro de proteção da Estação do Solo. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes	56
Figura 32 – Esquemático do quadro de proteção da Estação Meteorológica. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes	57
Figura 33 – Chave geral 3 polos. Fonte: ELETRODEX 2020	58
Figura 34 – Porta fusível 5x20 AS-06. Fonte: ELETRICA 2020	58
Figura 35 – Diagrama unifilar da Estação do Solo. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes	60
Figura 36 – Diagrama unifilar da Estação Clima-Solo. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes	60
Figura 37 – Irradiação mensal do local de teste. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa	61
Figura 38 – Inclinação do Módulo Fotovoltaico. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa	61
Figura 39 – Consumo diário da Estação de análise do Solo. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa	62
Figura 40 – Consumo diário da Estação Meteorológica. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa	62
Figura 41 – Estação Clima-Solo. Fonte: Autores	63
Figura 42 – Estação Solo. Fonte: Autores	63
Figura 43 – Distância entre pluviômetro e objeto de obstrução. Fonte: (TUCCI, 2004) (Adaptado)	65
Figura 44 – Esforços atuantes na estrutura. Fonte: Matheus Avelino	69
Figura 45 – Esforços atuantes nos acoplamentos. Fonte: Matheus Avelino	70
Figura 46 – Malha. Fonte: Matheus Avelino	72
Figura 47 – Tensões provenientes dos esforços estáticos. Fonte: Matheus Avelino	73
Figura 48 – Tensões provenientes dos esforços da ação do vento. Fonte: Matheus Avelino	74
Figura 49 – Estação Clima-solo. Fonte: Caio Camilo	75
Figura 50 – Estação Solo. Fonte: Caio Camilo	75
Figura 51 – EAP do Produto. Fonte: Autores	76
Figura 52 – Diagrama React/Redux/Microsserviços. Fonte: Autores	77
Figura 53 – Diagrama de API. Fonte: MVC	77
Figura 54 – Diagrama Entidade Relacionamento. Fonte: Autores	78

Figura 55 – Funcionamento do React com Redux. Fonte: MVC	79
Figura 56 – Chatbot. Fonte: Autores	80
Figura 57 – Schema. Fonte: Autores	81
Figura 58 – Diagrama de Pacotes <i>Frontend</i> . Fonte: Autores	82
Figura 59 – Diagrama de Pacotes <i>Backend</i> . Fonte: Autores	83
Figura 60 – NFR de confiabilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira	84
Figura 61 – NFR de disponibilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira	85
Figura 62 – NFR de interoperabilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira	85
Figura 63 – NFR de performance. Fonte: Cauê Mateus Oliveira	86
Figura 64 – NFR de privacidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira	87
Figura 65 – NFR de segurança. Fonte: Cauê Mateus Oliveira	87
Figura 66 – NFR de usabilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira	88
Figura 67 – Tela Login. Fonte: Autores	89
Figura 68 – Tela Cadastro. Fonte: Autores	90
Figura 69 – Tela de Parâmetros do solo. Fonte: Autores	91
Figura 70 – Tela <i>Dashboard</i> . Fonte: Autores	91
Figura 71 – Tela de Exportação de Relatórios. Fonte: Autores	92
Figura 72 – Tela de Perfil. Fonte: Autores	92
Figura 73 – Tela de Editar Perfil. Fonte: Autores	93
Figura 74 – Tela de adicionar funcionário. Fonte: Autores	93
Figura 75 – Tela de gerenciar parâmetros. Fonte: Autores	94
Figura 76 – Estrutura Analítica do Projeto. Fonte: Autores	100
Figura 77 – Presentes na Reunião de 06/04. Fonte: Autores	102
Figura 78 – Presentes na Reunião de 13/04. Fonte: Autores	104
Figura 79 – Presentes na Reunião de 20/04. Fonte: Autores	106
Figura 80 – Presentes na Reunião de 29/04. Fonte: Autores	108
Figura 81 – Cronograma. Fonte: Autores do projeto	110

Lista de tabelas

Tabela 1 – Integrantes do grupo e suas respectivas atribuições	18
Tabela 2 – Ferramentas de comunicação	19
Tabela 3 – Levantamento de custos	21
Tabela 4 – SWOT	22
Tabela 5 – Riscos de Projeto	23
Tabela 6 – Medidas preventivas e corretivas	23
Tabela 7 – Especificação ESP32	36
Tabela 8 – Erros em cada componente	41
Tabela 9 – Erros propagados	41
Tabela 10 – Relação do tempo de resposta e do tempo de funcionamento dos componentes de cada estação.	48
Tabela 11 – Demanda energética da Estação do Solo.	49
Tabela 12 – Demanda energética da Estação Meteorológica.	49
Tabela 13 – Irradiação solar diária mensal em kWh/m ²	49
Tabela 14 – Características dos painéis solares da A2P2.	50
Tabela 15 – Características das baterias do A2P2.	52
Tabela 16 – Conversor CC-CC Step-Down e Step-Up.	55
Tabela 17 – Dimensões dos componentes e áreas projetadas. Fonte: Caio Camilo. .	67
Tabela 18 – Relações entre L e D. Fonte: (CENGEL; CIMBALA, 2012)	68
Tabela 19 – Esforços provenientes da ação do vento sobre os itens da estrutura. .	68
Tabela 20 – Esforços nos acoplamentos dos medidores.	70
Tabela 21 – Levantamento de Custos - Estação Solo	101
Tabela 22 – Levantamento de Custos - Estação Clima-Solo	101
Tabela 23 – Ferramentas de comunicação	111
Tabela 24 – Funcionalidades do A2P2	112
Tabela 25 – Principais decisões	113
Tabela 26 – Matriz de decisão do material estrutural	121
Tabela 27 – Propriedades do AISI 316L (ASM, 2020)	122

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
	Introdução	10
2	TERMO DE ABERTURA	12
2.1	Descrição do projeto	12
2.2	Problema	13
2.3	Justificativa	13
2.4	Objetivo	14
3	METODOLOGIA	15
3.1	Metodologias Ágeis	15
3.1.1	Kanban	15
3.1.2	Adaptação SCRUM e SAFe	16
3.2	Processo de engenharia de requisitos	17
3.3	Processo de desenvolvimento	17
4	GERENCIAMENTO DO PROJETO	18
4.1	Recursos Humanos	18
4.1.1	Origem dos recursos	18
4.1.2	Equipe e Responsabilidades	18
4.1.3	Professores	19
4.2	Comunicação	19
4.2.1	Ferramentas	19
4.2.2	Atas de Reunião	19
4.3	Tempo	20
4.3.1	Definição das atividades - EAP	20
4.4	Levantamento de custos	20
4.4.1	Recursos materiais necessários	20
4.4.2	Custo recursos humanos	21
4.5	Riscos	22
4.5.1	Análise S.W.O.T	22
4.5.2	Riscos do projeto	23
4.5.3	Medidas preventivas e corretivas	23
5	REQUISITOS DE PROJETO	24
5.1	Requisitos estruturais	24

5.1.1	Alojamento e sustentação de componentes	24
5.1.2	Geometria	24
5.2	Requisitos eletrônicos	25
5.2.1	Controlador	25
5.2.2	Sensoriamento do solo	25
5.2.3	Sensoriamento da estação meteorológica	25
5.2.4	Transmissão de dados	25
5.2.5	Localização do equipamento	26
5.3	Requisitos de Energia	26
5.4	Requisitos de Software	26
5.4.1	Usuário	26
5.4.2	Dispositivo de monitoramento	26
5.4.3	Dados	27
5.4.4	Chatbot	28
5.5	Requisitos Não-Funcionais	28
5.6	Premissas e restrições	28
6	ARQUITETURA DO PROJETO	29
6.1	Representação Arquitetural	29
6.2	Restrições e Metas Arquiteturais	30
6.2.1	Estruturais	31
6.2.2	Eletrônicos	32
6.2.3	De Energia	32
6.2.3.1	Composição do sistema de alimentação	32
6.2.4	De software	33
6.2.4.1	Padrão arquitetural	33
6.2.4.1.1	Integração	33
7	PROPOSTA DE VIABILIZAÇÃO	35
7.1	Solução do Sistema Embarcado	35
7.1.1	ESP32	35
7.1.2	Sensores da Estação de Solo	36
7.1.2.1	Umidade do solo	36
7.1.2.2	Potencial Hidrogeniônico (pH) do solo	37
7.1.3	Sensores da Estação Meteorológica.	38
7.1.3.1	Sensor BME280	38
7.1.3.2	Anemômetro	39
7.1.3.3	Pluviômetro	39
7.1.4	Módulo GSM GPS Bluetooth SIM808	40
7.2	Erros do Sistema embarcado	41

7.3	Diagramas de fluxo	42
7.4	Diagramas eletrônicos	43
7.5	Sistema de Alimentação	46
7.5.1	Estruturação do sistema	46
7.5.2	Determinação do tempo de medição	47
7.5.3	Demanda energética	48
7.5.4	Dimensionamento do módulo fotovoltaico	49
7.5.5	Autonomia	50
7.5.6	Dimensionamento da bateria	50
7.5.7	Dimensionamento do controlador de carga	52
7.5.8	Sistema de condicionamento de potência	53
7.5.9	Sistema de proteção elétrica	55
7.5.10	Aterramento	59
7.5.11	Dimensionamento do cabeamento	59
7.5.12	Esquemático do sistema	59
7.5.13	Simulação	61
7.6	Solução de Estrutura	62
7.6.1	Posicionamento dos Equipamentos na Estrutura	64
7.6.1.1	Estação meteorológica	64
7.6.1.1.1	Sensor de Temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica	64
7.6.1.1.2	Anemômetro	64
7.6.1.1.3	Pluviômetro	65
7.6.1.2	Estação solo	65
7.6.1.2.1	Sensores de medição do pH e umidade do solo	65
7.6.2	Esforços	66
7.6.2.1	Forças devido à ação do vento	66
7.6.2.2	Esforço devido à massa dos próprios componentes e apoios externos	69
7.6.3	Material	71
7.6.4	Qualidade da malha	71
7.6.4.1	Tensões provenientes dos esforços estáticos	72
7.6.4.2	Tensões provenientes dos esforços de ação do vento	73
7.6.5	Estrutura Final	74
7.6.5.1	Estação Meteorológica	74
7.6.5.1.1	Estação solo	75
7.7	Software implementado	76
7.7.1	Concepção do Projeto	76
7.7.2	Aplicativo A2P2	76
7.7.2.1	EAP do produto	76
7.7.3	Arquitetura do software	77

7.7.3.1	Representação da Arquitetura	77
7.7.3.1.1	API	77
7.7.3.1.2	Cliente	78
7.7.3.1.3	Chatbot	79
7.7.3.1.4	Mock estação A2P2	80
7.7.3.1.5	Ferramentas Auxiliares	81
7.7.3.2	Visão de Implementação	81
7.7.3.2.1	Diagrama de Pacotes	81
7.7.4	Requisitos não-funcionais	84
7.7.4.1	Diagramas NFR	84
7.7.5	Protótipo	88
7.7.5.1	Tela de <i>Login</i>	88
7.7.5.2	Tela de Cadastro	88
7.7.5.3	Tela de Parâmetros	89
7.7.5.4	Tela <i>Dashboard</i>	89
7.7.5.5	Tela de Exportação de Relatórios	89
7.7.5.6	Tela de Perfil	90
7.7.5.7	Tela de Editar Perfil	90
7.7.5.8	Tela de Gerenciar Funcionários	90
7.7.5.9	Tela de Gerenciar Parâmetros	90
REFERÊNCIAS	95
APÊNDICES	99
APÊNDICE A – ESTRUTURA ANALITICA	100
APÊNDICE B – PLANILHAS DE CUSTOS INDIVIDUAIS	101
APÊNDICE C – ATAS DE REUNIÃO	102
APÊNDICE D – CRONOGRAMA	110
APÊNDICE E – TABELA É VS NÃO É	111
APÊNDICE F – FUNCIONALIDADES DO PRODUTO DE SOFTWARE	112
APÊNDICE G – PRINCIPAIS DECISÕES DE SOFTWARE	113
APÊNDICE H – CÓDIGOS DO MICROCONTROLADOR	114

APÊNDICE I – MATRIZ DE DECISÃO DO MATERIAL ESTRUTURAL	121
APÊNDICE J – PROPRIEDADES DO MATERIAL ESCOLHIDO	122

1 Introdução

Desde a detecção do novo coronavírus, o SARS-COV-2, causador da doença COVID-19, em 31 de Dezembro de 2019 em Wuhan ([LANA, 2020](#)), China, o mundo tem passado por grandes transformações. Aquilo que parecia ser uma problemática local do país asiático, foi se espalhando fortemente na Europa no início de 2020 e tornou-se um problema global. Em 11 de março desse mesmo ano, a Organização Mundial da Saúde (OMS) decretou situação de pandemia ([ESTADAO, 2020](#)). O enfrentamento do SARS-COV-2 na maioria dos países incluiu distanciamento social, isolamento em massa e, consequentemente, a redução de força de trabalho em diversos setores ([NICOLA, 2020](#)). Consequentemente, viram-se os impactos na economia global. Dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apontam para a queda média mundial de 9,5% no Produto Interno Bruto (PIB) dos países, no segundo trimestre deste ano. No Brasil não foi diferente. Entretanto, no instante em que se exibiam os dados de retração na maioria dos setores da economia, viu-se um importante setor ganhando mais evidência e surpreendendo positivamente: o agronegócio.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) prevê um novo recorde à safra nacional de grãos em 2020: 247 milhões de toneladas, um aumento de 2,3% em comparação com a colheita do ano anterior ([IBGE, 2020](#)). É notável que o país ocupa relevante e crescente posição no cenário mundial agrícola, alimentando cerca de 1,5 bilhões de pessoas, segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ([EMBRAPA, 2019](#)). Tal destaque é fruto da privilegiada localização geográfica do país: nas faixas tropical e subtropical do planeta, consideradas as mais apropriadas para a agricultura convencional ([GOMES, 2019](#)). É reflexo desse fato que se dá a grande quantidade de safras obtidas por ano.

Enquanto o país se destaca no cenário agrícola mundial, a demanda externa só cresce. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a produção de alimentos deve crescer 70% até 2050 para suprir a necessidade mundial, considerando a previsão de aumento populacional. Por outro lado, dados, também da ONU, indicam que, mesmo atualmente, 820 milhões de pessoas são atingidas pela fome no mundo ([ONU, 2019](#)).

Um aumento de produção tradicionalmente necessitaria de um aumento de áreas agricultáveis. Entretanto, o país também é signatário de compromissos internacionais para a redução substancial do desmatamento, como o assinado em 2009 na Convenção-Quadro da ONU sobre mudanças climáticas. Além disso, a preservação ambiental é fator determinante para o estabelecimento de novos acordos comerciais, como o entre o Mercosul e Europa ([UOL, 2020](#)). Ante o exposto, na perspectiva futura para a produção agrícola,

considerando a crescente demanda e a necessidade de preservação ambiental, só há uma saída: produzir mais alimentos na mesma área.

Enquanto, na perspectiva mundial, vê-se a necessidade de um aumento na produtividade, uma nova demanda tem se tornado cada vez mais notável entre os agricultores: a agricultura de precisão ([MIRANDA, 2017](#)). A agricultura de precisão é a resposta para a escassez de dados por parte do agricultor. Ela elimina muitas decisões de serem tomadas na "tentativa e erro" e provê uma análise mais técnica, baseada na disponibilidade de muitos dados. Ela provê o monitoramento de dados mesmo que à distância: não necessitando o deslocamento a diversos pontos da propriedade para a realização de medições e, por ser um sistema fixo de coleta de dados, possibilita a criação de gráficos e análise de tendências ao longo do tempo.

A Agricultura de Precisão é definida como um sistema de gestão agrícola baseado em tecnologia de informação ([BANU, 2015](#)). Apresenta, como finalidade, a análise, gerência e tomada de decisões de forma rápida e eficiente para a realização de correções em parâmetros do solo ou mitigação de efeitos decorrentes do clima. Busca-se garantir a uniformidade de parâmetros em cada metro quadrado de manejo, diminuindo as deficiências provenientes da variabilidade espacial no território a fim de se obter o melhor da produção ([MIRANDA, 2017](#)). Aumentando-se a eficácia e a eficiência da produção, acaba-se economizando também água, fertilizantes e corretivos químicos. Com a precisão nos dados, aplicar-se-á a exata quantidade necessária de tais insumos, evitando desperdícios e excessos, potencializando-se ainda mais os resultados da produção ([BROOK, 2020](#)). Assim como empresas desenvolvem processos para mitigação de riscos e antecipação de resultados para tomada de decisão de forma mais ágil, o desenvolvimento tecnológico recente possibilitou a implementação de tais conceitos na gestão agrícola.

A implementação da Agricultura de Precisão só foi possível a partir da criação do Sistema de Posicionamento Global (GPS, Global Positioning System, sigla em inglês), lançado em 1978 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, entrando completamente em operação no ano de 1993 ([FLOWSENSE, 2019](#)). Paralelamente a isso, deu-se o desenvolvimento de sensores para análise de parâmetros do clima e do solo, bem como microcontroladores. Em conjunto, é possível monitorar, em um sistema, os valores de tais parâmetros em tempo real e a variação em um determinado período de tempo a partir de diversos pontos de coleta de dados espalhados pela propriedade agrícola.

A Agricultura de Precisão é a tendência no mercado agrícola e tema de diversas publicações científicas ([MIRANDA, 2017](#)), seguindo em constante aprimoramento. Atualmente, tem sido crescente a integração dela aos conceitos de “Internet das Coisas”, sendo denominada tal união: Agricultura 4.0. Nela, cada base composta pelos sensores de análise espalhadas pela propriedade agrícola é conectada de forma independente às bases de dados do sistema por meio da Internet.

2 Termo de Abertura

Seja bem-vindo ao Analisador de Ambientes Para Plantações (A2P2), seja bem-vindo ao futuro da agricultura: máximo desempenho em produção e qualidade, juntamente com responsabilidade ambiental.

2.1 Descrição do projeto

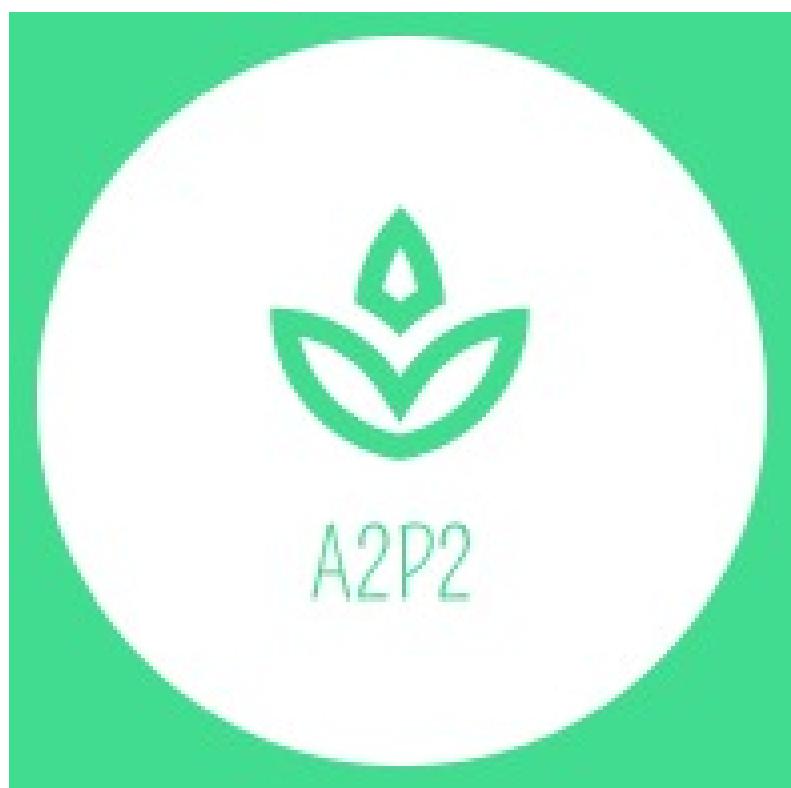


Figura 1 – Logo. Fonte: Autores

Para a descrição do projeto, utilizaremos a ferramenta 5W2H que sintetiza as questões últimas do projeto, é um acrônimo que auxilia na descrição das principais perguntas para uma melhor compreensão do problema a ser resolvido.

- **What?** (O que) Ferramenta para análise de parâmetros do clima e do solo.
- **Why?** (Por que) Para dar mais informações à agricultores e auxiliá-los em tomadas de decisões.
- **Where?** (Onde) Na região onde é realizado plantio.

- **When?** (Quando) No decorrer de agosto até dezembro de 2020.
- **Who?** (Quem) Grupo composto por alunos da disciplina Projeto Integrador 2, da Faculdade do Gama - Universidade de Brasília.
- **How?** (Como) Através de tecnologias de 5 engenharias dispostas no grupo. Utilizando estações dotadas de sensores de medição de variáveis do solo, como o pH e a umidade e estações meteorológicas no qual cada estação utiliza-se de um sistema fotovoltaico de alimentação. Utilizando uma central de exposição de dados através de um computador/celular, no qual o agricultor analisará parâmetros do clima e do solo através de um Dashboard.
- **How much?** (Quanto) O Custo estimado ficou em R\$ 1578,15 (Tabela 3: Levantamento de custos). - Recursos detalhados

2.2 Problema

O agricultor experimenta durante o plantio uma escassez de dados do solo e do clima que interferem em tomadas de decisões, estando sujeito a incerteza de quais áreas apresentam melhores condições naturais para cultivo, se é necessário corrigir o pH do solo, ou se o nível de umidade está adequado para o plantio. Além das incertezas do solo, o agricultor lida com incertezas climáticas na qual o vento e a chuva podem interferir de forma decisiva na produtividade de uma lavoura.

As incertezas do agricultor podem ser mitigadas através do uso adequado de recursos tecnológicos. Há disponibilidade no mercado sensores que são capazes de notificar variáveis do solo e do clima, sendo necessário o deslocamento na região onde é realizado o plantio para implantação dos sensores e mapeamento dos dados na região, sendo o esforço da extração dos dados de forma manual proporcional ao tamanho da região e frequência da captação dos dados.

2.3 Justificativa

O uso do GPS nas estações é útil para correlacionar os dados extraídos com as respectivas áreas mapeadas da propriedade, atribuindo uma determinada informação de fertilidade ou produção em uma localização exata possibilitando classificar áreas que apresentam melhores condições para cultivo ([ALIGUER, 2019](#))([STARTAGRO, 2017](#)).

Compreender a acidez do solo adequada para um determinado plantio e extrair a medida do grau de acidez da região da propriedade é benéfico para tomadas de decisões de correção do pH do solo ([FOGAÇA, 2020](#)). Assim, para corrigir o pH do solo, é

muito comum a adição de calcário (carbonato de cálcio, CaCO₃), em um processo que é denominado calagem, na qual irá influenciar na eficiência de absorção dos nutrientes ([HIDROSENSE, 2019](#)).

As plantas não crescerão e se desenvolverão de forma apropriada com uma umidade inadequada do solo. Os níveis de umidade do solo afetam o conteúdo do ar da região, a concentração de sais e a presença de substâncias tóxicas, também regula a estrutura do solo, a ductilidade e a densidade. Influencia a temperatura do solo, a capacidade térmica e evita o desgaste do solo. ([SYSTEM, 2020](#)) O excesso de água, estresse hídrico nas plantas, pode aumentar a perda dos nutrientes por lixiviação, ou seja, ocorre um processo erosivo consequente da lavagem da camada superficial do solo. É proveitoso monitorar a umidade do solo para auxiliar agricultores no gerenciamento quando devem ou não colocar equipamentos e máquinas pesadas na região devido ao risco de atolamento ([GEOAGRI, 2019](#)).

A estação meteorológica é uma tecnologia decisiva para monitorar as condições meteorológicas na lavoura com mais assertividade e assim ajudar agricultores a tomarem melhores decisões. Com os parâmetros atmosféricos extraídos é possível mensurar a direção predominante dos ventos, a precipitação acumulada na safra, a temperatura média em um período, ajuda no manejo de irrigação, pois através dos dados registrados na estação é possível quantificar as principais formas de entrada e saída de água para a planta, ([AGROBLOG, 2020](#)) é possível realizar o planejamento do plantio com muito mais segurança com a previsão de chuvas localizada e auxilia a otimização da aplicação de fertilizantes ([METOSBRASIL, 2020](#)).

2.4 Objetivo

O objetivo geral do projeto é potencializar os resultados da agricultura de precisão por meio do monitoramento remoto de parâmetros, agilizando a análise de dados do solo e do clima e tomada de decisões para melhor uso dos recursos.

Os objetivos específicos são com este produto a extração em tempo real de dados do solo e do clima na região, alerta automatizado com base em parâmetros customizáveis, visualização remota de dados, reduzir os impactos no meio ambiente e a otimização do uso de recursos, os quais podem ser recursos naturais, agrícolas, financeiros e humanos.

3 Metodologia do Projeto

Neste capítulo será definida a metodologia utilizada no projeto, bem como suas características.

3.1 Metodologias Ágeis

Para o desenvolvimento do projeto, a equipe irá utilizar da metodologia Ágil, que possui como um dos grandes focos a qualidade do produto entregue, satisfação do cliente/usuário e transparência no decorrer do projeto.

3.1.1 Kanban

O Kanban será uma das metodologias aplicadas durante o processo de desenvolvimento. O mesmo possui quatro fundamentos os quais são:

- Comece com o que você faz agora;
- Concordar em buscar mudanças evolucionárias;
- Inicialmente, respeite os papéis, responsabilidades e cargos atuais;
- Incentivar atos de liderança em todos os níveis.

Por ser bastante adaptável, o Kanban vem ganhando força no meio da criação de softwares, além de sua transparência e eficácia.

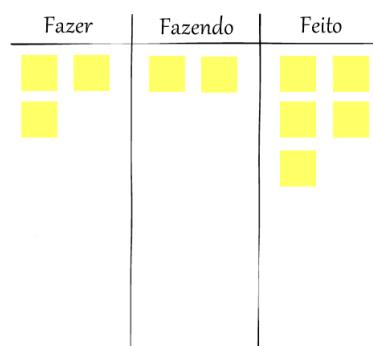


Figura 2 – Metodologia Kanban. Fonte: Kan+ban

Este é um simples exemplo de quadro do Kanban, onde os usuários modificam os *post-its* entre suas posições seguindo a ordem de “fazer”, “fazendo” e “feito”. O grupo

irá utilizar a ferramenta Trello para seguir o Kanban, inicialmente com quatro campos “Fazer”, “Fazendo”, “Feito” e “Testado” à medida que o projeto avança.

3.1.2 Adaptação SCRUM e SAFe

O scrum é um framework estrutural para gestão de projetos. Por ser baseado no empirismo, a metodologia utilizada no projeto será trazida de experiências de todo o grupo.

Possuindo elementos e processos bem definidos, um exemplo do processo que será utilizado está mostrado na imagem abaixo:

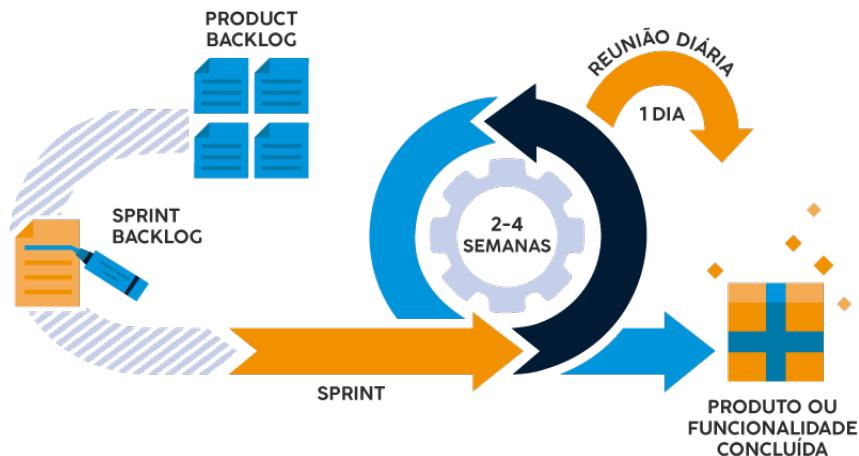


Figura 3 – Metodologia SCRUM. Fonte: SCRUM

Para entender melhor os termos da imagem acima:

Product backlog - Lista organizada que contém tudo que o produto deverá ter. Sua ordenação e coerência é mantida pelo *Product Owner*. O backlog do produto é dinâmico e deve evoluir de acordo com a evolução do produto em si, para que se adeque ao novo formato e tenha a utilidade apropriada;

Daily scrum (Scrum diária) - Reuniões diárias que o grupo se compromete a participar. As reuniões são feitas em pé e a ideia por trás disso é não desperdiçar tempo, fazendo com que as mesmas sejam curtas. No *Daily Scrum* é muito comum que o tema abordado seja o andamento e colaboração de cada participante no projeto;

Sprint backlog ou Sprint - Todas as atividades do **Projeto Scrum** se encontram divididas em sprints, que são ciclos de tarefas;

Sprint review – Reunião informal onde também é feita uma revisão, sempre executada ao final de cada sprint para avaliar o que foi feito e, caso necessário, fazer

modificações no Product Backlog;

Product planning - Reunião que visa discutir e planejar os trabalhos que serão realizados nos sprints. O conceito de *time-box* (caixa de tempo) também é discutido. *Time-boxes* são determinações de tempo para fazer um trabalho. O tempo máximo que uma *time-box* pode receber é de oito horas, que pode ser aplicado às reuniões ou aos sprints;

Release Planning – Forma "enxuta" do backlog do produto. Os requisitos do backlog são ordenados por prioridade para depois serem divididos entre os sprints;

Burndown chart – Gráfico que assegura que os sprints estão sendo cumpridos dentro do prazo previsto. É de suma importância o time ter conhecimento do andamento do projeto e fazer ajustes, caso necessário.

Os papéis para o scrum são:

Scrum Master – Quem desempenha este papel deve garantir o progresso do projeto do produto, mantendo a comunicação com a equipe, monitorando o trabalho feito e organizando as reuniões. Além disso, deve garantir que cada membro envolvido no projeto tenha as ferramentas necessárias para executar seu próprio trabalho;

Product Owner – O dono do produto é a pessoa responsável por gerenciar o backlog do produto. Ele acrescenta valor ao produto e ao trabalho do time de desenvolvimento. É o principal responsável por manter contato com a equipe de desenvolvedores e afirmar quais são os requisitos necessários no product backlog;

Desenvolvedores – São os responsáveis pelo desenvolvimento do produto.

3.2 Processo de engenharia de requisitos

O processo de engenharia de requisitos é o principal artefato para o desenvolvimento do produto. Será nessa etapa que se dará início à licitação de requisitos.

3.3 Processo de desenvolvimento

Utilizando da metodologia ágil, aqui haverá um processo similar ao já citado acima na Figura 3.1.2 que ilustra a metodologia *Scrum*, onde após definidos os requisitos, e com o *product backlog* pronto, a equipe de desenvolvimento irá dar início à criação do produto até o fim da criação do mesmo. Com a metodologia ágil, definido como iterativo e incremental, com isso fazendo com que as necessidades surgidas durante esse processo, o ciclo possa se repetir várias vezes o que se denomina por sprint.

4 Gerenciamento do Projeto

Aqui se tratará da gestão e andamento do projeto, conforme os requisitos forem mostrados e como se dará a sua execução.

4.1 Recursos Humanos

O planejamento de recursos humanos do projeto inclui os processos de organização dos membros da equipe e das ferramentas para o desenvolvimento das atividades propostas.

4.1.1 Origem dos recursos

O grupo é composto por 15 alunos distribuídos entre os cursos de Engenharia Aeroespacial, Engenharia Automotiva, Engenharia Eletrônica, Engenharia de Energia e Engenharia de Software, separados em grupos técnicos de eletrônica, estrutura, software e energia. A cada integrante, foi estabelecida uma função para realização das atividades propostas.

4.1.2 Equipe e Responsabilidades

Nome completo	Matrícula	Engenharia	Atribuição
Caio César Curvelo Camilo	14/0133232	Automotiva	Diretor Técnico
Cauê Mateus Oliveira	14/0056068	Software	Desenvolvedor
Daniel de Paiva Rath	16/0088062	Eletrônica	Diretor Geral
Eduardo Aben-Athar de Freitas	14/0136924	Aeroespacial	Diretor de Qualidade
Francisca Raiane Gomes Pessoa	15/0125739	Energia	Desenvolvedora
Gabriela Medeiros da Silva	16/0121817	Software	Desenvolvedora
Geovana Ramos Sousa Silva	16/0122180	Software	Desenvolvedora
Igor de Alcantara Rabelo	14/0143751	Eletrônica	Diretor Técnico
Juliana Torri dos Santos	15/0039140	Aeroespacial	Desenvolvedora
Lidiane Laís Silva Santos	16/0132118	Aeroespacial	Desenvolvedora
Luyza Lorenna Lacerda Lopes	16/0135133	Energia	Desenvolvedora
Matheus Avelino Freire	14/0155058	Automotiva	Desenvolvedor
Thiago Ribeiro Pereira	14/0164006	Software	Diretor Técnico
Vinícius Rodrigues Oliveira	14/0165291	Software	Desenvolvedor
Wilton Miro Barros Junior	14/0171215	Eletrônica	Desenvolvedor

Tabela 1 – Integrantes do grupo e suas respectivas atribuições

4.1.3 Professores

- Alex Reis (Eng. de Energia)
- Ricardo Matos Chaim (Eng. de Software)
- Rhander Viana (Eng. Automotiva)
- Jose Felicio da Silva (Eng. Eletrônica)
- Paolo Gessini (Eng. Aeroespacial)

4.2 Comunicação

A comunicação é fundamental para a execução e coordenação das atividades necessárias para alcançar os objetivos do projeto. O processos de comunicação são utilizados para assegurar o planejamento, coleta, distribuição e controle das informações do projeto (PMBOK).

4.2.1 Ferramentas

Foi feita a seleção de uma série de ferramentas-chave para que o bom andamento do projeto fosse possível. Tais ferramentas tem como objetivo suprir as necessidades de integração dos membros do grupo com relação à comunicação entre si, organização de ideias e objetivos, e, armazenamento de arquivos e documentação.

Ferramenta de Comunicação	Propósito
Telegram	Comunicação entre todos os integrantes da equipe.
Whatsapp	Comunicação entre todos os integrantes da equipe.
Zoom	Comunicação entre todos os integrantes da equipe por meio de vídeo chamada.
Google Drive	Armazenamento e edição de documentos de interesse geral da equipe.
Trello	Organização das atividades desenvolvidas utilizando a metodologia Kanban.

Tabela 2 – Ferramentas de comunicação

4.2.2 Atas de Reunião

Durante a execução do projeto, os conteúdos tratados nas reuniões foram documentados em Atas de Reunião, disponíveis no apêndice B.

4.3 Tempo

Para determinação de prazos e cumprimento dos objetivos, foi determinado pela gestão que cada área elencasse suas atividades a fim de colocá-las em ordem cronológica e verificar seus posicionamento perante o andamento do projeto. Pode-se então verificar quais atividades deveriam ser consideradas críticas e quais interferiam de algum modo no andamento de atividades externas à sua responsabilidade. Para isso, foi solicitado aos diretores técnicos competentes o estabelecimento da EAP de cada área e a partir destas foi originado um cronograma geral.

4.3.1 Definição das atividades - EAP

A Estrutura Analítica do Projeto, foi feita baseando-se nos afazeres competentes a cada área. Cada diretor técnico, junto à sua equipe, definiu o que deveria ser feito com base no andamento do projeto como um todo. Inicialmente, assim que definidos os requisitos correspondentes de abrangência total do protótipo, cada área realizou dentro de seu escopo suas atribuições até que a etapa de junção e integração física total fosse atingida.

A EAP está ilustrada no Apêndice A deste documento.

4.4 Levantamento de custos

Pesquisas de materiais e estimativas de custo foram feitas para se obter o custo total da produção do equipamento e a integração das áreas de Engenharia.

4.4.1 Recursos materiais necessários

Foi realizado um levantamento de custos para estimar-se os gastos aproximados com materiais que serão utilizados na construção. Cada área baseou-se nos valores comerciais dos itens listados. O custo total que foi atingido considera os principais componentes e materiais de maior significância para o projeto, que são os listados no tópico seguinte.

Tabela 3 – Levantamento de custos

Ítem	Quantidade	Preço (Reais)	Total
Sensor de pH do solo	2	178,50	357,00
Sensor de Umidade do solo	2	9,90	19,80
Anemômetro	1	237,03	237,03
Pluviômetro	1	265,53	265,53
Sensor bme280	1	30,99	30,99
Esp 32	2	42,00	84,00
Módulo GSM	2	179,00	358,00
Painel fotovoltaico	2	21,87	43,74
Bateria	2	79,50	159,00
Controlador de carga	2	89,00	178,00
Metalon (30 x 30 x 2) mm	6 m	70,50	70,50
Metalon (60 x 60 x 2) mm	6 m	185,00	185,00
Tinta Anticorrosiva	1	79,60	79,60
Chapa de aço	1 m ²	60,00	60,00
Kit Parafusos e porcas	1	40,00	40,00
Termoretratil isolante	1	9,70	9,70
Total			2177,89

Como exposto acima, para a base de cálculo, tomou-se como referência a construção de uma estação clima-solo e uma estação solo, o qual resulta no valor descrito. Considerando a proposta do projeto, de serem oferecidas soluções personalizadas para cada cliente, a depender do tamanho da área agricultável a ser monitorada, é apresentado no [Apêndice B](#) o orçamento para cada uma dessas estações separadamente. Cada solução é composta por uma estação clima-solo, e pelo número de estações solos desejáveis, proporcionais ao tamanho da área a ser monitorada.

4.4.2 Custo recursos humanos

O custo da parte de recursos humanos (RH) será calculado levando em consideração que o grupo é composto por 15 membros, sendo 1 diretor geral, 2 diretores técnicos, 1 diretor de qualidade e 10 desenvolvedores. O valor de trabalho-hora será definido o mesmo para todos trabalhando por conta própria, considerando que o trabalho para o desenvolvimento do produto final será realizado durante 15 semanas com um tempo de trabalho médio de 10 horas semanais por membro, sendo realizado 100% remotamente.

Para fins de cálculo de valor hora, será utilizado o valor médio de um engenheiro trainee do estado do Rio de Janeiro já com os encargos ([DIAS, 2018](#)) que é de R\$ 7.092,00, correspondente a uma média de 160 horas trabalhadas no mês. Dividindo esse valor pelas 160 horas em média no mês da um valor por hora de R\$ 44,32.

Tendo o custo da hora de R\$ 44,32, com 15 membros no grupo que trabalharão

em média 10 horas na semana por 15 semanas, o custo total de recursos humanos é de:

$$\begin{aligned} Custo_{\text{Recursos Humanos}} &= \text{valor_hora_trabalho} \times \text{horas_trabalho_semana} \times \\ &\quad \text{quantidade_semanas} \times \text{número_membros} \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$Custo_{\text{Recursos Humanos}} = 44,32 \times 10 \times 15 \times 15 \quad (4.2)$$

$$Custo_{\text{Recursos Humanos}} = R\$ 99.720 \quad (4.3)$$

Logo, o custo final de RH para desenvolvimento do produto final é de R\$ 99.720. Esse custo com RH também deverá ser embutido no preço final dos sensores de análise assim como a margem de lucro para que com o tempo a venda do produto vá se pagando.

4.5 Riscos

4.5.1 Análise S.W.O.T

Método utilizado para analisar pontos fortes e fracos, senso de oportunidade e ameaças ao desenvolver o projeto (TREASY, 2015). O SWOT. (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) é uma ferramenta prática para analisar o sucesso do projeto.

Tabela 4 – SWOT

STRENGTHS (Pontos fortes)	OPPORTUNITIES (oportunidade)
<ul style="list-style-type: none"> • Produto com bastante utilidade para o público alvo; • Equipe com bastante conhecimento em transmissão de dados; • Organização da equipe; • Envolvimento da equipe no projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produto de interesse do público alvo; • Praticidade de utilização; • Baixo custo de aquisição;
WEAKNESSES (Fraquezas)	THREATS (Ameaças)
<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de encontros presenciais; • Orçamento limitado; • Pouca familiaridade com preparação de solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas dos sensores; • Falta de cuidado ao transportar o equipamento; • Problemas de conectividade;

4.5.2 Riscos do projeto

A tabela a seguir estão apresentados os riscos de projeto da estrutura.

Tabela 5 – Riscos de Projeto

Nº	Risco	Causa	Consequência
1	Insuficiência energética	Mau dimensionamento dos painéis solares	Funcionamento do produto por tempo limitado
2	Falha na estrutura	Mau dimensionamento dos componentes estruturais	Quebra dos elementos do conjunto e não funcionamento
3	Dano grave à estrutura	Estrutura subdimensionada	Mau funcionamento ou não funcionamento do componente
4	Defeito nos componentes eletrônicos	Mau uso, peça com defeito ou falha estrutural	Dados incompletos ou ausentes
5	Dimensionamento incorreto do sistema de alimentação	Falha na alimentação	Não funcionamento do sistema
6	Falha na comunicação entre as estações	Mau dimensionamento do sistema de transmissão	Ausência de dados para análise
7	Erro na leitura dos sensores	Má calibração dos sensores, peças com defeito	Correção indevida no solo

4.5.3 Medidas preventivas e corretivas

A seguir, encontra-se a tabela de medidas preventivas e corretivas

Tabela 6 – Medidas preventivas e corretivas

Nº	Medidas Preventivas	Medidas Corretivas
1	Testar o aparelho em pleno funcionamento para testar o sistema de recarga	Aumentar as baterias ou os painéis solares
2	Teste de esforço nos componentes estruturais	Redimensionamento dos componentes estruturais
3	Ter componentes reserva	Efetuar a troca do componente defeituoso
4	Ter um bom conhecimento do dimensionamento do sistema fotovoltaico	Revisar os cálculos e revisar a bibliografia
5	Testar o alcance das antenas	Trocar as antenas por de maior alcance
6	Testar os sensores antes de implementação	Recalibragem dos sensores ou substituição

5 Requisitos de Projeto

5.1 Requisitos estruturais

- Resistência a agentes externos;
- Resistir a variações climáticas acentuadas;
- Resistir a possíveis interações de pequenos animais, como por exemplo aves;
- Resistir a vendavais;
- Resistir a chuvas em abundância;
- Resistir a impactos suscetíveis à ocorrência no campo;
- Manter os componentes internos isolados de qualquer interação indesejada com o meio externo.

5.1.1 Alojamento e sustentação de componentes

- Painel fotovoltaico;
- Antena;
- Dispositivos eletrônicos;
- Sensores;

5.1.2 Geometria

- Sustentar o painel fotovoltaico;
- Permitir à antena um bom posicionamento e a não interferência na transmissão de dados;
- Ser constituída de elementos simples;
- Ser de fácil construção;

- Sustentar o próprio peso e possíveis acréscimos de massa externos ou pequenos impactos;
- Não possuir arestas cortantes ou quaisquer outras características que possam vir a lesar o utilizador;
- Espaço suficiente e geometria compatível para proporcionar fácil acesso aos componentes internos;
- Permitir regulagem do posicionamento dos sensores para garantir que a leitura dos dados seja otimizada;

5.2 Requisitos eletrônicos

5.2.1 Controlador

- O microcontrolador deve fazer o modo sleep do sistema para economia de energia e através de um algoritmo a interação entre todos os sensores e módulos GSM;

5.2.2 Sensoriamento do solo

- Identificar se o solo está seco ou úmido;
- Identificar se o solo está com o pH baixo (ácido), neutro ou alto (básico);

5.2.3 Sensoriamento da estação meteorológica

- Identificar a umidade do ar e temperatura ambiente e pressão no local do equipamento;
- Identificar o índice pluviométrico das chuvas no local do equipamento;

5.2.4 Transmissão de dados

- O GSM deve fazer a transmissão dos dados através da internet do chip de celular conectado no módulo;
- Pode enviar e receber informações por mensagem SMS via celular;

- Pode fazer e receber ligação de celular;

5.2.5 Localização do equipamento

- Devem ser obtidos os dados específicos acerca do local onde está o equipamento;
- Deve ser obtida a localização em tempo real do equipamento pelo GPS que vem integrado ao módulo GSM;

5.3 Requisitos de Energia

- Ser Auto recarregável;
- Ser capaz de suprir a demanda energética dos dispositivos eletrônicos;
- Deve ser autônomo e duradouro;
- Ter um sistema de proteção com o objetivo de evitar que falhas no sistema, como o curto-circuito, possam danificar equipamentos e materiais;

5.4 Requisitos de Software

5.4.1 Usuário

- Cadastrar usuário;
- Editar cadastro;
- Fazer login;
- Adicionar um funcionário a uma conta de monitoramento;
- Habilitar chatbot fornecendo usuário do Telegram;

5.4.2 Dispositivo de monitoramento

- Adicionar valor de referência para cada sensor de ph do solo;

- Adicionar valor de referência para cada sensor de umidade do solo;
- Adicionar valor de referência para cada sensor de temperatura do ambiente;
- Editar valor de referência para cada sensor de velocidade do vento, de umidade do ar e de pressão do solo;

5.4.3 Dados

- Mostrar valores absolutos de ph, pressão e umidade do solo, temperatura do ambiente, umidade do ar e velocidade do vento em tempo real;
- Colorir valores absolutos em tempo real de acordo com os valores de referência do parâmetro e do sensor;
- Mostrar gráfico de ph utilizando intervalo de tempo definido pelo usuário;
- Mostrar gráfico de pressão do solo utilizando intervalo de tempo definido pelo usuário;
- Mostrar gráfico de umidade do ar utilizando intervalo de tempo definido pelo usuário;
- Mostrar gráfico de umidade do solo utilizando intervalo de tempo definido pelo usuário;
- Mostrar gráfico de temperatura do ambiente utilizando intervalo de tempo definido pelo usuário;
- Mostrar gráfico de temperatura utilizando intervalo de tempo definido pelo usuário;
- Exportar relatório de ph do solo a partir do gráfico mostrado;
- Exportar relatório de umidade do solo a partir do gráfico mostrado;
- Exportar relatório de umidade do ar a partir do gráfico mostrado;
- Exportar relatório de temperatura do ambiente a partir do gráfico mostrado;
- Exportar relatório de velocidade do vento a partir do gráfico mostrado;
- Exportar relatório de pressão do solo a partir do gráfico mostrado;
- Exportar relatório geral das propriedades do solo a partir do gráfico mostrado.

5.4.4 Chatbot

- Interagir via Telegram;
- Verificar se usuário do Telegram está habilitado na plataforma;
- Responder cumprimentos básicos;
- Retornar valor atual absoluto para cada sensor;
- Adicionar valor de referência para cada sensor;
- Notificar quando houver valores acima do valor de referência;

5.5 Requisitos Não-Funcionais

- Funcionar nas últimas versões dos navegadores Google Chrome, Mozilla Firefox, e Safari;
- Consumir os dados de acordo com a taxa de atualização do dispositivo;
- Layout adaptável à telas de tablets e smartphones com telas maiores;
- Fornecer opções de gráficos adequadas para a compreensão de valores de cada parâmetro;
- Os relatórios exportados devem estar em formato de fácil visualização e compartilhamento.

5.6 Premissas e restrições

- Os dados fornecidos por um usuário não devem ser expostos ou disponibilizados a outro;
- O usuário deve ter acesso à internet para acessar o site.

6 Arquitetura do Projeto

O sistema consiste em uma estação de exposição de dados climáticos e um sistema de verificação da qualidade e características do solo. O equipamento será dotado de sensores de medição de variáveis do solo e do clima. As variáveis do solo que serão obtidas são o pH e a umidade do solo, e as variáveis climáticas que serão obtidas são: a umidade do ar, pressão atmosférica, temperatura local, velocidade do vento e índice pluviométrico.

Para o funcionamento do sistema, será necessário o equipamento de análise do solo e da estação meteorológica da área a ser analisada. De acordo com o tamanho da área a serem colhidas as informações, serão necessárias mais estações. O sistema do equipamento de análise do solo, após obter os dados correspondentes em sua localidade, irá enviá-los via internet bem como suas coordenadas de localização.

Cada ponto de verificação possuirá um sistema fotovoltaico, bem como seu próprio gerenciamento de energia a fim de manter o sistema sempre disponível para quando for realizada a leitura dos parâmetros desejados do solo. A central de exposição de dados, a qual somente recebe as informações, pode estar conectada a um computador ou em um celular. Nela são mostrados os valores medidos e é possível fazer uma consulta da biblioteca de plantio.

A cultura escolhida para a área pode ser indicada pelo agricultor na estação de exposição. Neste caso, os dados medidos serão comparados com o do banco de dados da biblioteca de plantio. Serão mostrados os índices ideais e, caso necessário, os procedimentos corretivos para adequação do solo.

6.1 Representação Arquitetural

O diagrama de blocos ilustrado abaixo indica o funcionamento do sistema. Foi dividido em duas partes para melhor entendimento do mesmo, além de ampliar a imagem para maior exemplificação.

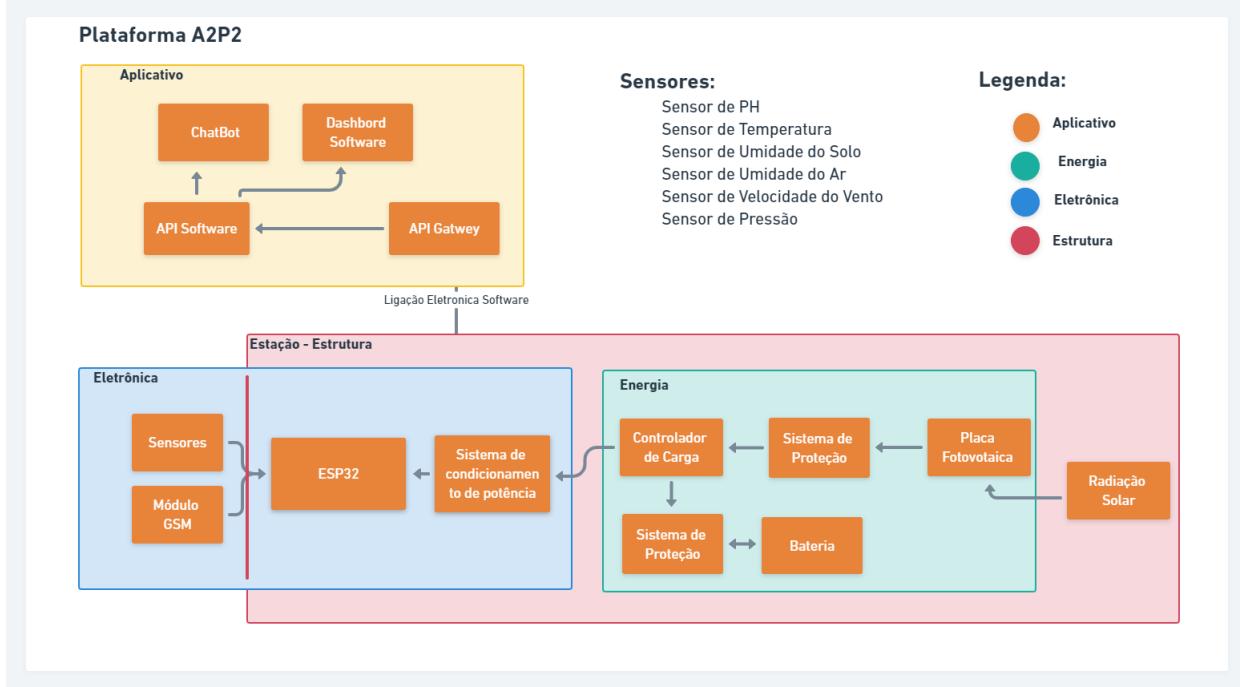


Figura 4 – Representação arquitetural da A2P2. Fonte: Autores

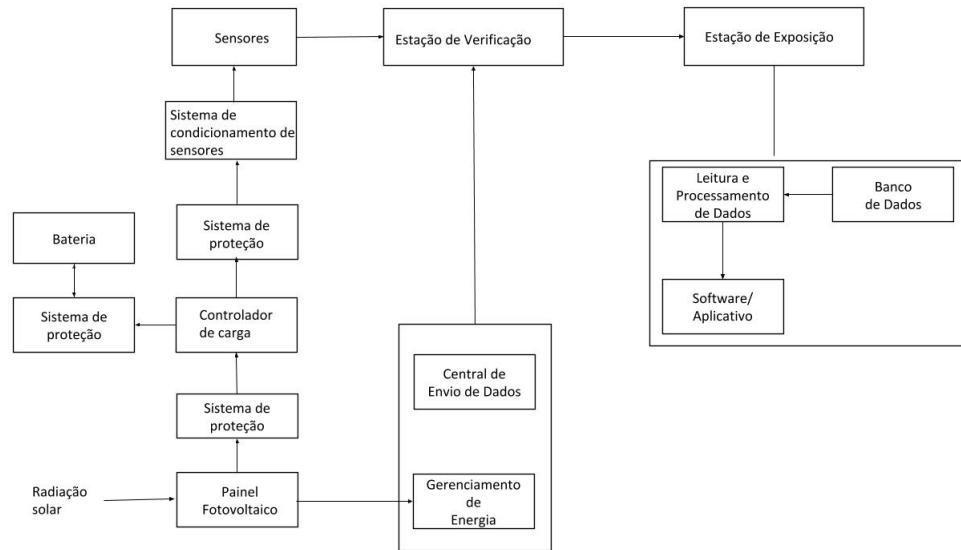


Figura 5 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 1. Fonte: Autores

6.2 Restrições e Metas Arquiteturais

Para otimização da estrutura e de uso de materiais para sua construção, foi necessário impor restrições em cada área das engenharias integradas para funcionamento adequado das estações clima-solo e solo.

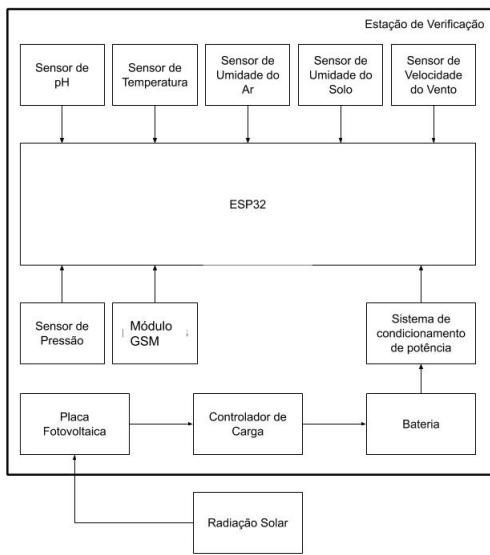


Figura 6 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 2. Fonte: Autores

6.2.1 Estruturais

As restrições estruturais visam proteger os sensores de agentes externos, como animais, ventos e chuvas, para evitar que algum componente seja danificado internamente, além de sustentar os sensores meteorológicos e o painel de energia fotovoltaica, sendo assim, uma estrutura rígida e protetora.

- Os materiais empregados serão de uso comercial, de fácil aquisição e com custos acessíveis.
- O material só poderá ser utilizado no projeto se tiver suas características e propriedades conhecidas para que sua aplicação seja validada virtualmente;
- Materiais de construção serão passivos de aplicação de técnicas simples de fabricação;
- Dentre os materiais selecionados haverá materiais isolantes para que não ocorra interferência no funcionamento elétrico;
- Os componentes chave do sistema estrutural possuirão alto grau de semelhança a fim de simplificar a fabricação mas dinamizar a aplicação de acordo com o objetivo;
- Restrições dimensionais serão verificadas de acordo com o uso, podendo sua altura ser ajustável para adaptar-se a diferentes perfis de plantações;
- O funcionamento e instalação dos dispositivos no ambiente não podem ocasionar dano em nenhum dos componentes do sistema;

6.2.2 Eletrônicos

O sistema de obtenção de dados do solo será implementado em conjunto com uma estação meteorológica capaz de fornecer dados climáticos acerca do local, evitando eventuais danos causados pela intensidade do sol e de possíveis chuvas. Com isso os dados colhidos do solo serão fornecidos adequadamente para análise do agricultor. A seguir, estão colocadas restrições e metas para o uso adequado do sistema:

- O sistema é composto por duas estações: do solo e do clima;
- Os sensores de medição de umidade do solo e pH do solo são usados para obter parâmetros necessários para identificar se o solo está apto a fazer plantações, assim como indicar eventuais medidas corretivas;
- Os sensores climáticos devem obter dados para o agricultor identificar se o ambiente está apresentando alguma intempérie que será responsável pela produção inadequada da plantaçāo;
- Todos os dados obtidos pelos sensores serão enviados via módulo GSM(IoT) para um website e depois processado pelo algoritmo criado;
- Os dados enviados dos sensores para o website são importantes para o agricultor usar procedimentos adequados caso precise melhorar os nutrientes do solo;
- Todo o sistema deve ter um timer para que seja aplicado o modo sleep e assim aconteça uma significativa redução de energia.

6.2.3 De Energia

As restrições energéticas objetivam suprir a quantidade necessária de energia elétrica para o funcionamento do equipamento.

- O sistema de alimentação fotovoltaico deve ser capaz de suprir a demanda energética dos dispositivos eletrônicos da subestação;
- O sistema de alimentação deve ser autônomo e duradouro;
- A autonomia será assegurada pelo uso de baterias.

6.2.3.1 Composição do sistema de alimentação

A arquitetura do sistema de alimentação está representada no fluxograma abaixo:

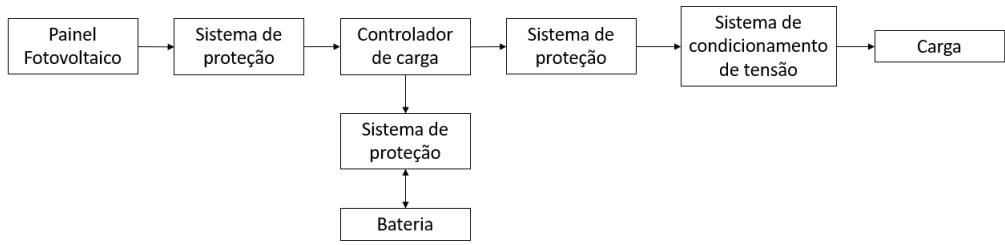


Figura 7 – Composição do sistema de alimentação. Autoras: Luyza Lorenna Lacerda Lopes e Francisca Raiane Gomes Pessoa

Na figura(6.2.3.1) é possível visualizar que quando a luz solar incide sobre o módulo ou painel fotovoltaico a radiação solar é convertida em energia elétrica. A corrente contínua gerada passa pelo controlador de carga, no qual, além de regular a tensão que chega na bateria, protege a bateria de sobrecargas para prolongar sua vida útil. A energia gerada pode ser armazenada na bateria para utilizações futuras ou alimentar diretamente as cargas do sistema que são: sensor de Ph, sensor de umidade, sensor BME280, ESP32, módulo GPS e anemômetro. Todos operam em corrente contínua. Além disso, o sistema contará com mecanismos de proteção elétrica em corrente contínua, com o objetivo de evitar sobrecargas nos componentes do sistema e com o sistema de condicionamento para garantir fornecimento da tensão necessária para a correta alimentação da carga.

6.2.4 De software

Abaixo, um exemplo de arquitetura implementada para a parte de Software de modo simplificado para manuseio do usuário.

6.2.4.1 Padrão arquitetural

6.2.4.1.1 Integração

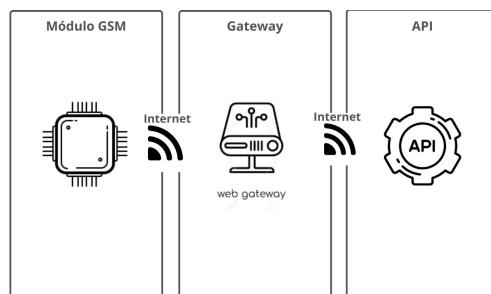


Figura 8 – Integração das Conexões. Fonte: Internet

- Os sensores que estarão conectados na rede através dos módulos GSM's que irão gerar informações a serem transmitidas para a rede;
- Os gateways são os responsáveis por receber os sinais enviados pelos módulos GSM's e encaminhá-los para os servidores de rede;
- O servidor de rede é o responsável por receber, armazenar e gerenciar os dados recebidos através dos Gateways;
- A API irá tratar e processar os dados recebidos, está será responsável por prover acesso aos dados para o cliente.

7 Proposta de Viabilização

A solução proposta é de construir duas estações de monitoramento: uma clima-solo e outra somente solo. Cada uma com funções específicas e com todos os componentes necessários para fazerem as devidas análise de solo e de clima da região.

7.1 Solução do Sistema Embarcado

Todos os componentes eletrônicos necessários para a estação clima/solo e a estação do solo estão listados nesta subseção, além de explicações acerca do seu funcionamento dos sensores e do microcontrolador.

7.1.1 ESP32

A ESP32 que está representada na figura (9) é utilizada para o controle dos sensores de monitoramento do solo e do ambiente e, junto com o módulo GSM, os dados que serão enviados para o website. Esse processo é realizado por meio de um algoritmo que é usado para organizar os dados e fazer os cálculos devidos. Esse microcontrolador também é o responsável pelas operações do modo sleep que é usado para o menor consumo de energia possível do sistema.



Figura 9 – Módulo ESP32. Fonte: [USINAINFO 2020](#)

A tabela abaixo apresenta as especificações técnicas do microcontrolador ESP32.

Tabela 7 – Especificação ESP32

Arquitetura	32 bits	FLASH	16 Mb
Clock	160 Mhz	GPIO	36
WiFi	Sim	Interface	SPI/ I2C/ UART/ I2S/CAN
Bluetooth	Sim	A/D	18
RAM	512 KB	D/A	2

7.1.2 Sensores da Estação de Solo

7.1.2.1 Umidade do solo

É importante obter informações acerca do solo para garantir um bom plantio e evitar que a planta morra por falta de água ou por excesso da mesma. Para obter informações acerca do solo estar seco ou úmido é preciso utilizar o sensor de umidade do solo que está representado na figura(10).

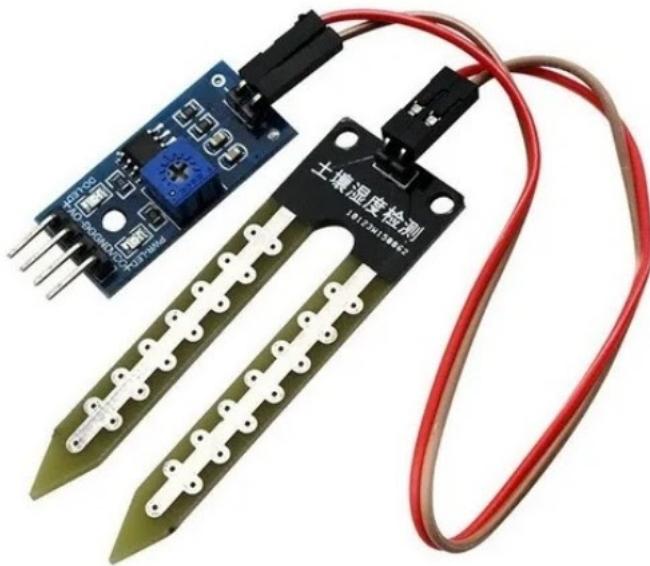


Figura 10 – Sensor de umidade do solo. Fonte: [ELETROGATE 2020](#)

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do sensor de Umidade do solo:

- Tensão de Operação: 3,3-5V
- Sensibilidade ajustável via potenciômetro
- Saída Digital e Analógica

- Pinagem: VCC: 3,3-5v
- Pinagem: GND: GND
- Pinagem: D0: Saída Digital
- Pinagem: A0: Saída analógica

Como apresentado na lista acima, o sensor captura dados analógicos ou digitais do solo, sendo possível concluir se o mesmo está apto ou não para o plantio([ELIAS et al., 2014](#)). No caso deste projeto, usaremos como base a saída digital do sensor.

7.1.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH) do solo

O Sensor de pH representado na Figura (11) é indicado para verificar e permitir a manutenção dos níveis de pH dentro de escalas seguras de uso em diversos lugares inclusive no solo para plantios, permitindo manter proporções aceitáveis para as plantas e evitar efeitos nocivos nos quais poderão acabar com uma parte ou até mesmo com uma plantação inteira([RUARO; NETO; MOTTA, 2010](#)).



Figura 11 – Sensor de pH do solo. Fonte: [AMERICANAS 2020](#)

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas de Ph do solo:

- Fonte de alimentação dc (padrão): 12-24v dc
- Precisão da medida: 0.03 (pH)
- Escala da medida do ph: 3-9 (pH)
- Sinal de saída (digital): saída rs485

- Sinal de saída (analógica) 0-5v/0-10v/4-20ma
- Temperatura de funcionamento: 0-55 °C

7.1.3 Sensores da Estação Meteorológica.

Para análise de tempo e clima da região, foram definidos os sensores listados abaixo. Cabe ressaltar que a Estação clima-solo também fará uso de componentes da estação solo, todavia não aplicar-se-á o contrário para a estação solo.

7.1.3.1 Sensor BME280

Temperatura, umidade e pressão são parâmetros meteorológicos essenciais para entender como o clima se comporta no local da plantação. O sensor BME280 representado na figura(12) é o responsável por coletar esses parâmetros([OLIVEIRA-JR et al., 2020](#)).

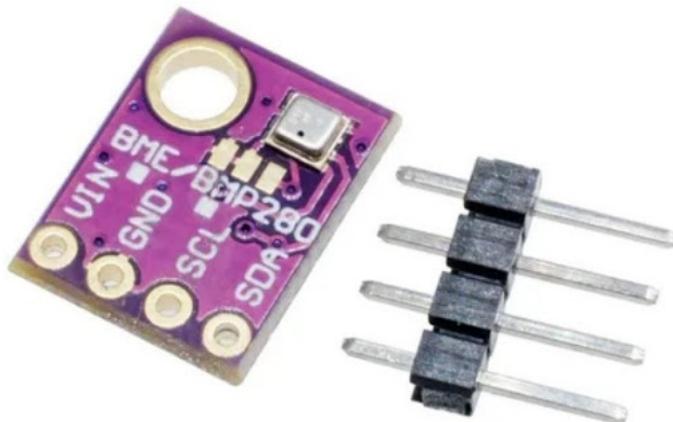


Figura 12 – Sensor BME280. Fonte: [AMERICANAS 2020](#)

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do sensor BME280:

- Faixa de Umidade (porcentagem): 0 a 100;
- Faixa de Temperatura: -40 a 85°C;
- Faixa de Pressão: 300 a 1100hPa;
- Precisão da umidade: 0,008
- Precisão da temperatura: 0,01°C;
- Precisão da pressão: +/- 1Pa;
- Comunicação: I2C (até 3,4MHz) e SPI (até 10MHz);

7.1.3.2 Anemômetro

O anemômetro representado na Figura (13) é o sensor responsável pelo monitoramento da velocidade e direção do vento. Desta forma, ele ajuda no controle contra rajadas de ventos e também em maiores transtornos tanto na plantação quanto em perdas econômicas para o agricultor(SCHMIDT; FREITAS; MALDANER, 2020).



Figura 13 – Anemômetro. Fonte: USINAINFO 2020

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do pluviômetro:

- Tipo de saída: Digital;
- Leitura: a cada 0,25 mm;
- Temperatura de trabalho: -40°C a 80°C;

7.1.3.3 Pluviômetro

O pluviômetro representado na Figura (14) responsável por medir o índice volumétrico das chuvas e proporcionar uma estimativa de fertilidade do solo identificando o melhor local onde é necessária a chuva para ter uma safra de qualidade (ELIAS et al., 2014).

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do pluviômetro:

- Tipo de saída: Digital;
- Leitura: a cada 0,25 mm;
- Temperatura de trabalho: -40 °C a 80°C



Figura 14 – Pluviômetro. Fonte: [USINAINFO 2020](#)

7.1.4 Módulo GSM GPS Bluetooth SIM808

O módulo GSM representado na Figura (15) envia todos os dados para um website através da internet do chip conectável. Ele é capaz de enviar dados de qualquer lugar onde há sinal de internet de telefonia móvel([SICHONANY et al., 2012](#)).



Figura 15 – Modulo GSM SIM808. Fonte: [FILIPEFLOP 2020](#)

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do módulo GPS:

- CI SIM808 (datasheet)
- Tipo: Quad-band
- Frequências: 850/900/1800/1900MHz

- Slot SIM
- Temperatura de operação: -40 °C a 85 °C

7.2 Erros do Sistema embarcado

Os sensores têm um erro associado à grandeza de medida em que o sensor afere, assim conforme datasheets e descrição sobre o produto, foi levantado erros ou a acurácia da aferição das grandezas dos sensores. Os valores estão representados na tabela abaixo.

Tabela 8 – Erros em cada componente

Componente	Erro associado(módulo)
ESP32	Até 6% nas medidas
BME280	Temperatura: 1,51% Umidade: 3% RH Pressão: 0,125%
Pluviômetro	1,7%
Anemômetro	2,06%
pH do Solo	1,3%

Desta forma, considerando que o erro de cada grandeza vai ser o erro do sensor e o erro do microcontrolador Esp 32, o erro propagado foi calculado da seguinte forma.

$$Ep = \sqrt{E_{esp}^2 + E_{sensor}^2} \quad (7.1)$$

Sendo assim, os valores obtidos para cada grandeza estão representados na tabela abaixo.

Tabela 9 – Erros propagados

Grandezas	Erro propagado(módulo)
Temperatura	6,19%
Umidade do Ar	6,7%
Pressão	6,001%
Velocidade do vento	6,34%
Quantidade de chuva	6,24%
pH do solo	6,15%

Dessa maneira, tendo em vista que a propagação de erros se dá de forma paralela entre cada sensor - isto é, a existência de erro na medição de um dos sensores não acarreta, por conseguinte, erro em outro, tendo em vista que o funcionamento de um se da de forma independente dos outros -, e considerando que o erro final entre cada medição depende fundamentalmente do erro do microcontrolador, pode-se considerar como erro final do sistema o maior erro apresentado na tabela.

7.3 Diagramas de fluxo

O funcionamento da estação meteorológica, estação do solo e o geral do sistema embarcado está representado nas figuras 16 e 17 respectivamente. Por meio destes diagramas pode-se observar o fluxo dos dados a partir do sistema. Dado a quantidade de sensores, bem como de ações, tais diagramas tornam mais simples a compreensão de cada etapa de atividade.

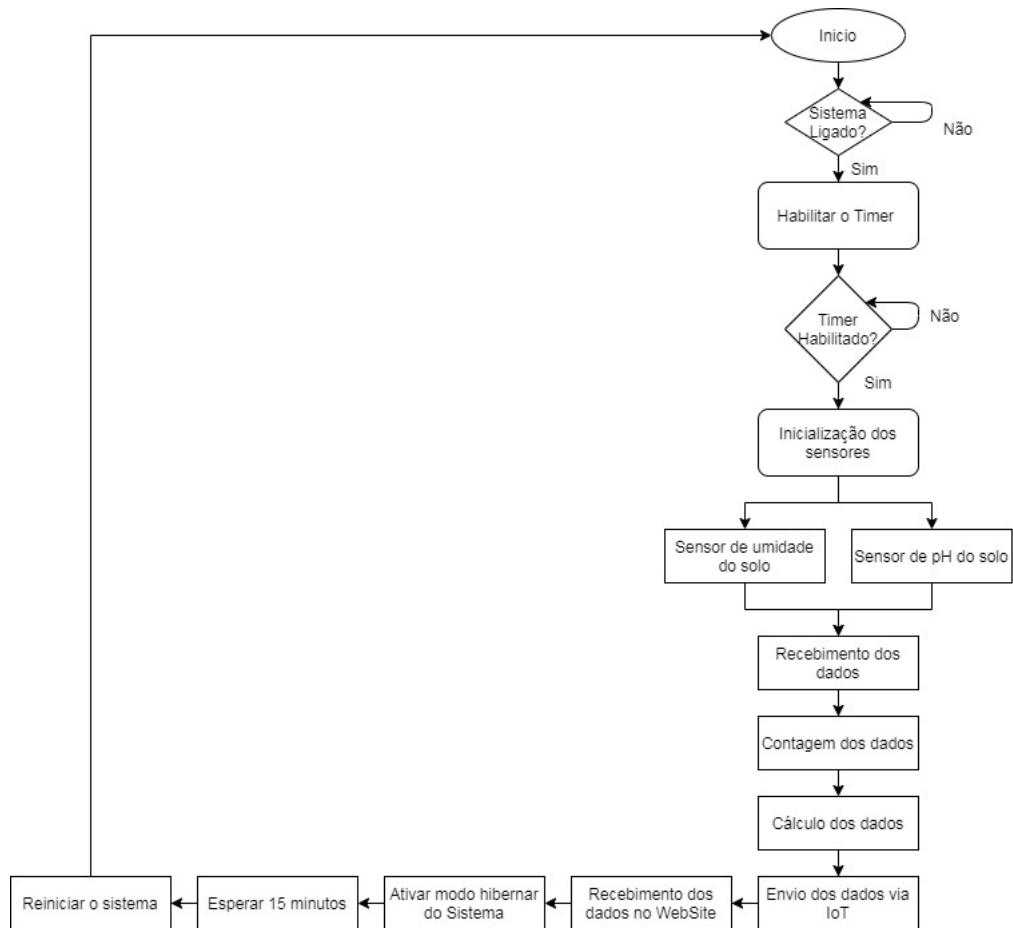


Figura 16 – Diagrama de fluxo lógico da estação Solo. Autor: Igor de Alcantara Rabelo

A figura abaixo, a figura 17, apresenta um elevado grau de semelhança com relação à figura 16, devido ao alto grau de semelhança na arquitetura de ambas. Ambas se diferem no que tange ao número de sensores de cada uma. A estação clima-solo presenta todos os sensores presentes na estação solo, mais os sensores meteorológicos.

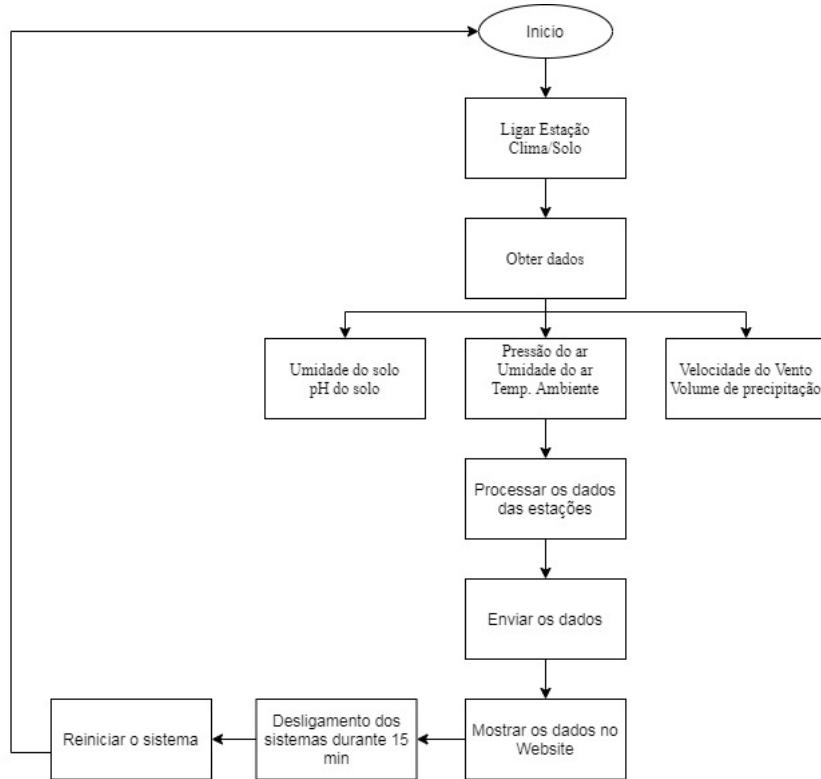


Figura 17 – Diagrama de fluxo lógico de todo o sistema. Autor: Igor de Alcantara Rabelo

7.4 Diagramas eletrônicos

Os diagramas eletrônicos abaixo (18 a 21) mostram os esquemáticos e PCBs das estações de clima e solo. Todos os diagramas foram realizados no software Fritzing.

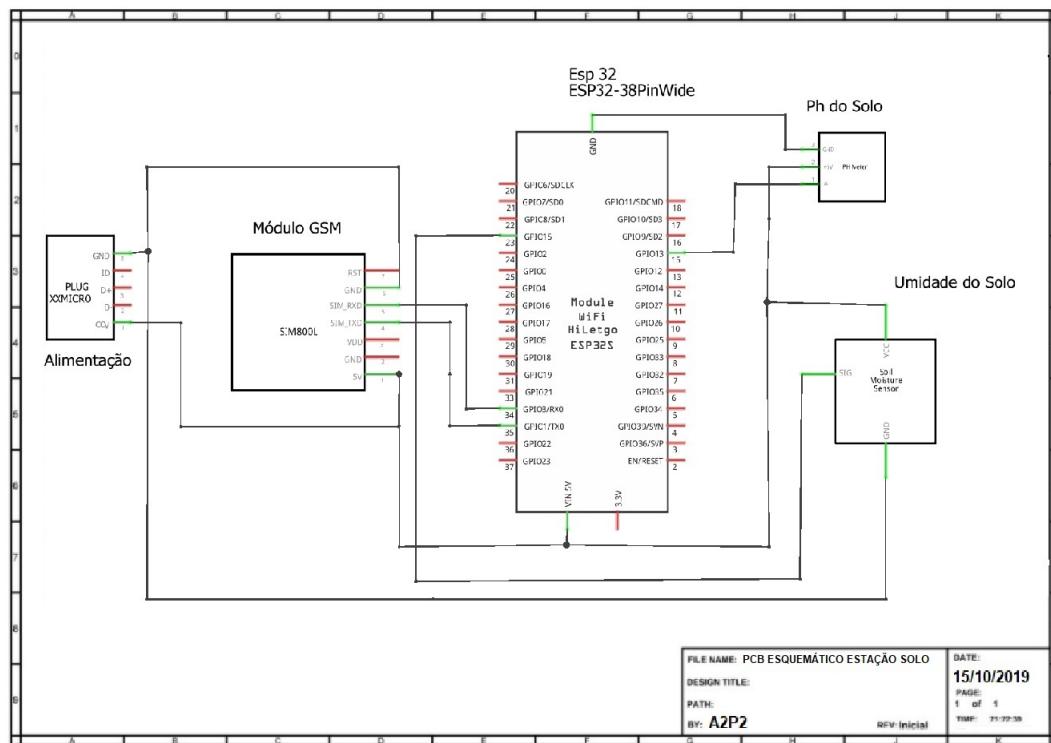


Figura 18 – Esquemático da estação do solo. Autor: Wilton Miro Barros Júnior

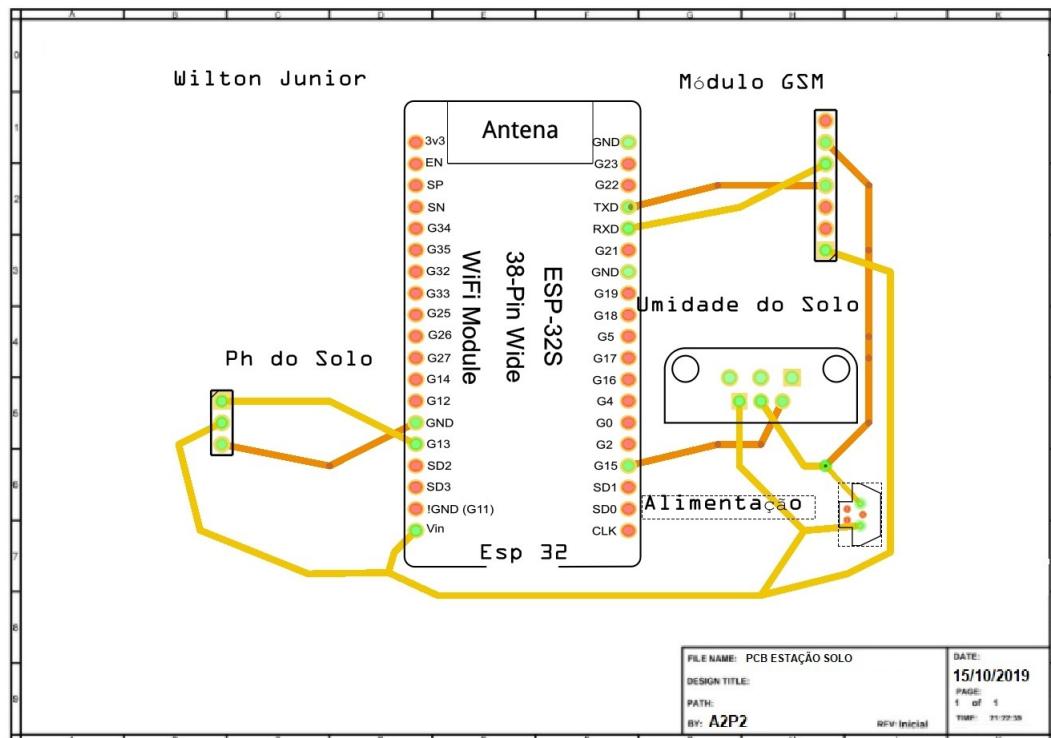


Figura 19 – PCB da estação do solo. Autor: Wilton Miro Barros Júnior

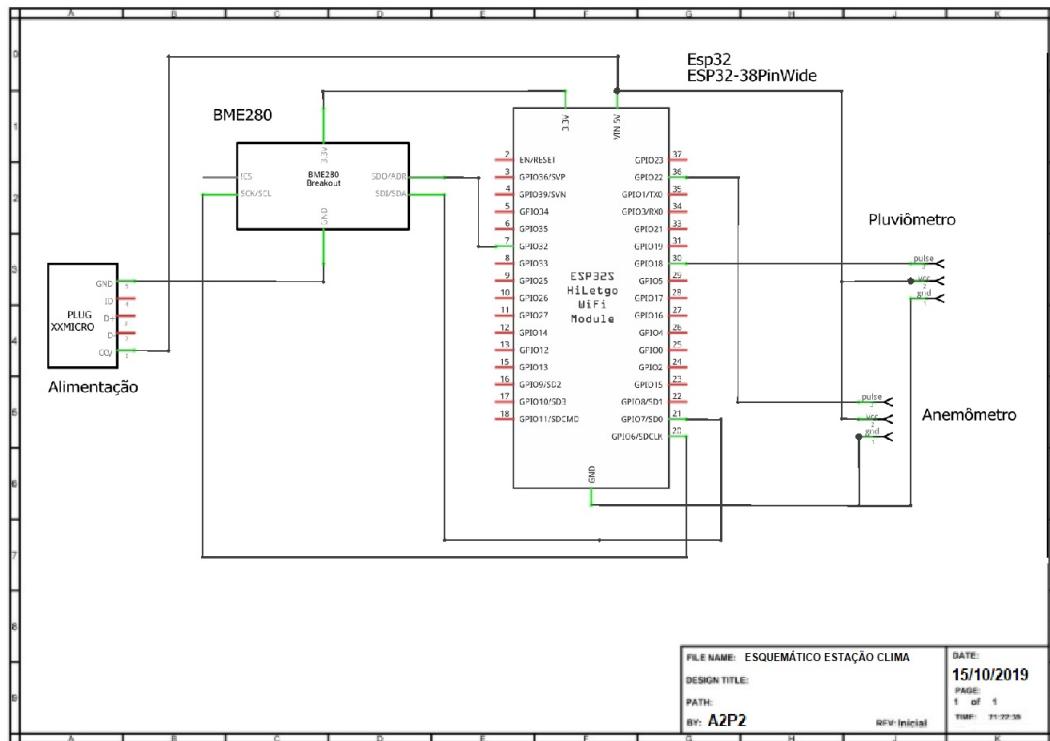


Figura 20 – Esquemático da estação do clima. Autor: Wilton Miro Barros Júnior

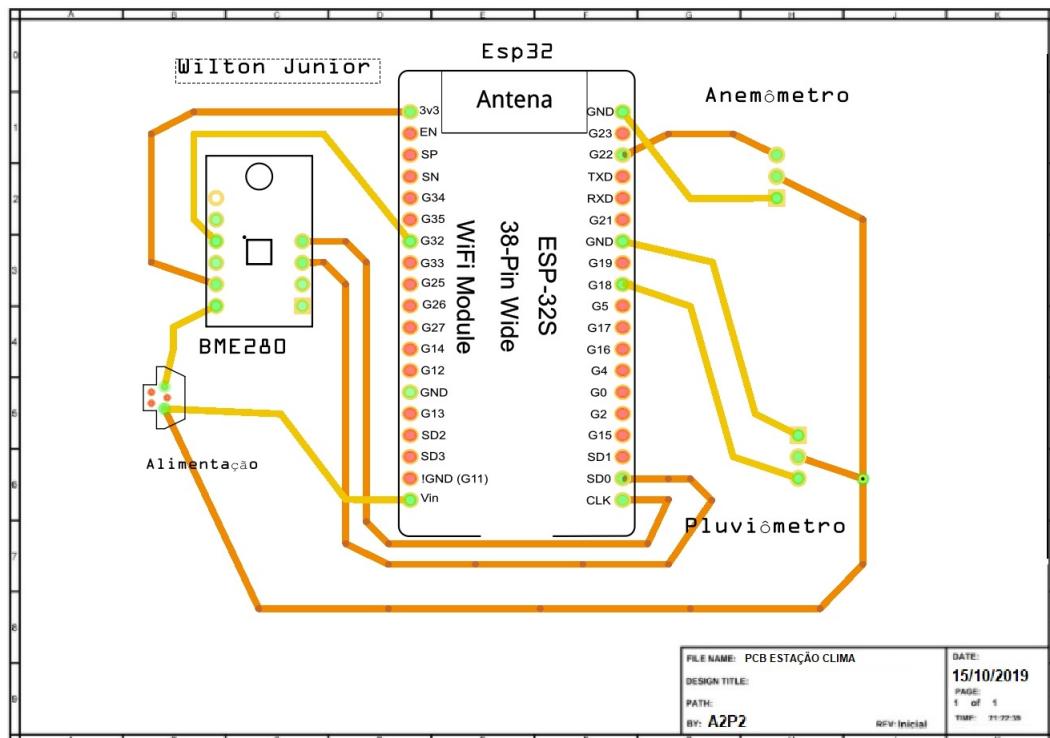


Figura 21 – PCB da estação do clima. Autor: Wilton Miro Barros Júnior

7.5 Sistema de Alimentação

Nesta seção, primeiramente será abordado todo o dimensionamento do sistema de alimentação do A2P2 de forma detalhada e justificada utilizando como embasamento teórico para sistema fotovoltaico off- [CRESESB, 2014](#) e [ALVARENGA, 2020](#). Além dos cálculos e da justificativa dos componentes, será montado o diagrama elétrico e uma representação de como os componentes escolhidos ficarão posicionados no compartimento de controle. Por fim, será realizado uma simulação para validar os cálculos.

7.5.1 Estruturação do sistema

O sistema de alimentação do A2P2 contará com as seguintes estruturas:

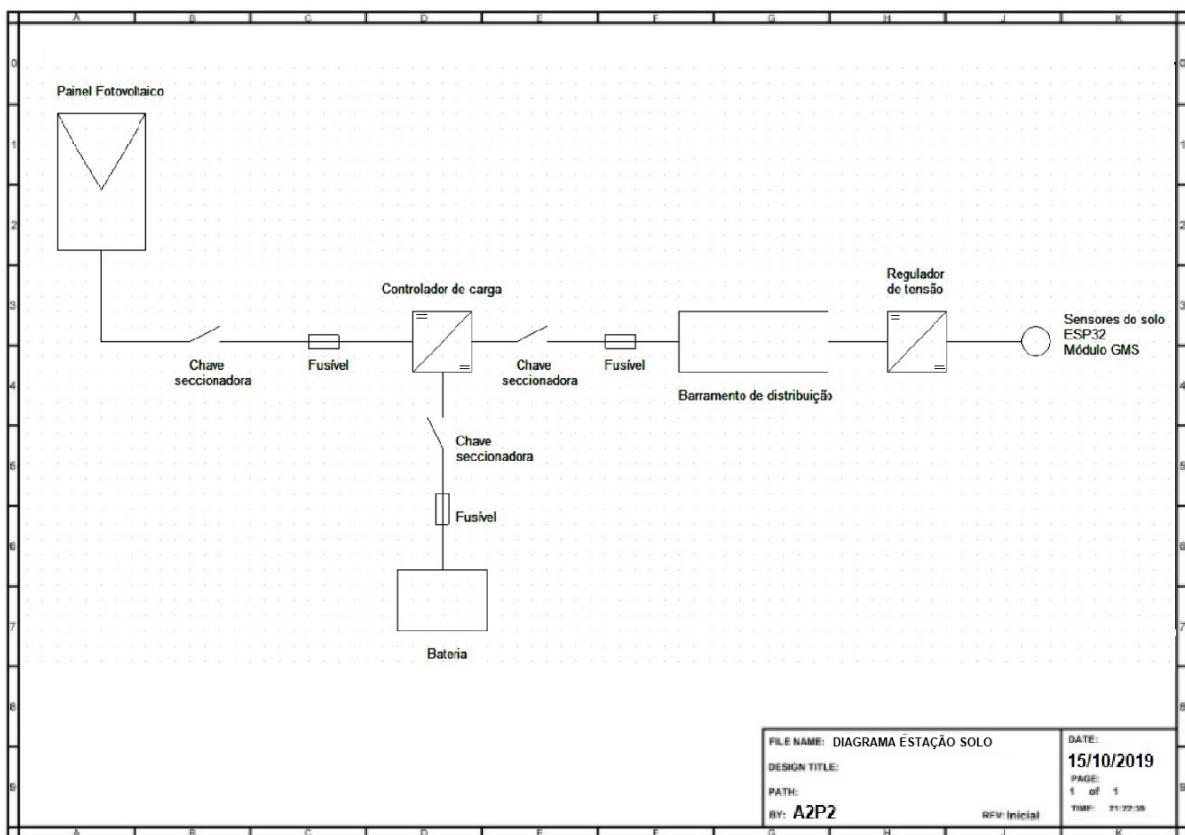


Figura 22 – Esquemático da Estação do Solo. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes

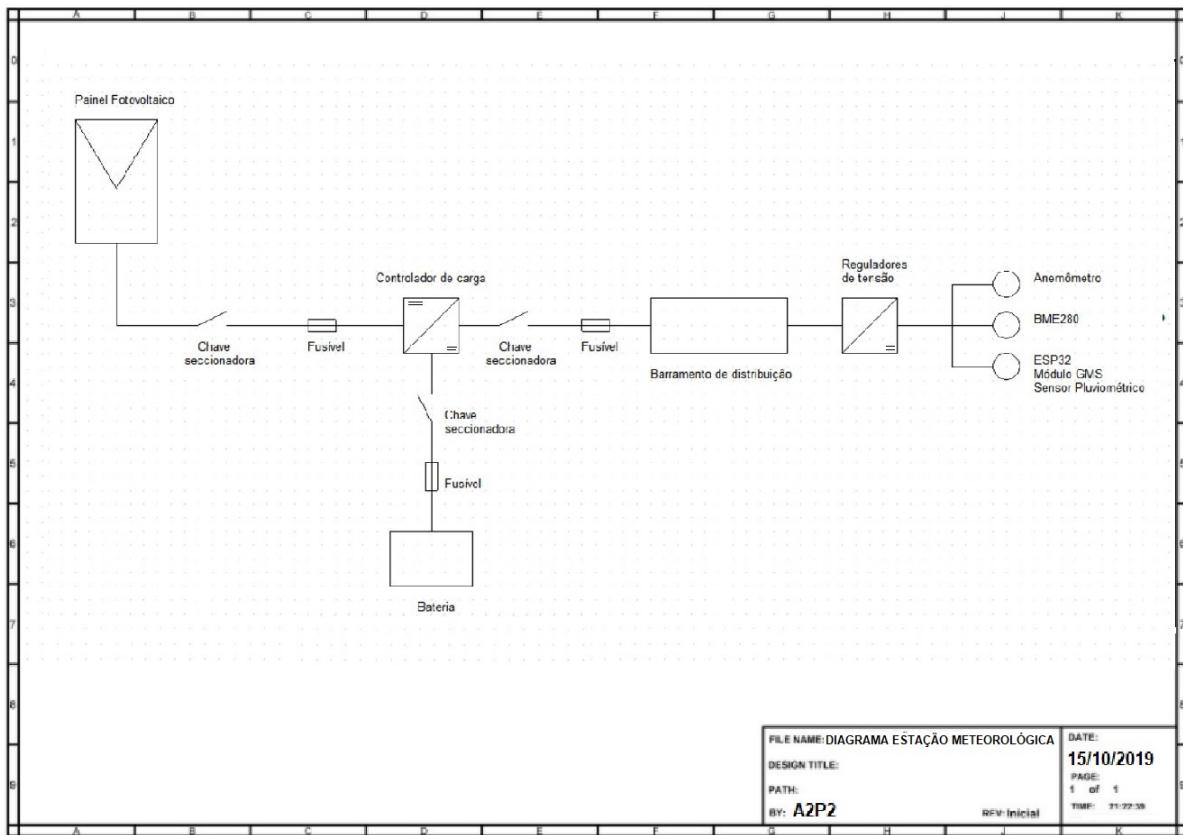


Figura 23 – Esquemático da Estação Meteorológica. Autor: Luyza Lorennna Lacerda Lopes

Nos esquemáticos da figura(22) e na figura(23) mostram um sistema fotovoltaico Off-grid genérico para ambas as estações. Ao longo das seções o dimensionamento dos componentes e suas características serão determinadas de forma a completar os esquemáticos acima.

7.5.2 Determinação do tempo de medição

Antes de começar o dimensionamento do sistema de alimentação é importante primeiro determinar algumas características. Uma delas é o tempo de funcionamento diário de todos os componentes eletrônicos que serão alimentados através da energia solar. Para isso foi utilizado o tempo de resposta de cada componente e estimado o tempo no qual os sensores estariam em funcionamento durante um período de 24 h. As medições para aferir condições do solo e climáticas são realizadas a cada 15 minutos([PATHANIA, 2019](#)). Desse modo, cada sensor será acionado 96 vezes durante o dia a fim de realizar as devidas medições. A tabela(10) mostra a relação do tempo de resposta e do tempo diário de funcionamento dos componentes eletrônicos e cada uma das estações.

Tabela 10 – Relação do tempo de resposta e do tempo de funcionamento dos componentes de cada estação.

Estação do solo		
Componentes	Tempo de resposta	Tempo diário de funcionamento
Sensor de umidade do solo	1s	0,026 h
Sensor de Ph	60s	1,6 h
Módulo GPS	26s	0,173 h
ESP 32	-	1,6 h

Estação meteorológica		
Componentes	Tempo de resposta	Tempo diário de funcionamento
Sensor BME280	1 s	0,026 h
Anemômetro	-	24 h
Sensor de índice pluviométrico de chuva	-	24 h
Módulo GPS	26 s	0,173 h
ESP 32	-	24 h

É importante notar que na estação meteorológica, tanto para o anemômetro como para o sensor pluviométrico, será considerado o pior caso no qual será exigido que eles operem 24 horas por dia. No caso do sensor BME280, ele será acionado a cada 15 minutos por ser um sensor climático. Vale ressaltar também que o Módulo GMS em ambas as estações serão acionados a cada 1 hora e o tempo total de operação da ESP32 será igual ao tempo do sensor que exigirá maior tempo de medição.

7.5.3 Demanda energética

Outra característica a ser determinada é a demanda energética. Para isso, é coletado os dados de corrente e tensão de cada componente eletrônico relacionando-os com o tempo de operação. Dessa forma foram montadas a Tabela (11) e a Tabela (12).

Tabela 11 – Demanda energética da Estação do Solo.

Componentes	Tensão	Corrente	Potência	Tempo de uso diário	Consumo diário
Sensor umidade do solo	5 V	35 A	0,175 W	0,026 h	0,004Wh
Sensor Ph	24 V	10 mA	0,05 W	1,6 h	0,08 Wh
ESP 32	3,6 V	0,5 A	1,8 W	1,6 h	2,88 Wh
Módulo GMS	5 V	2A	10 W	0,173 h	1,73 Wh
Total	18,6 V	2,55 A	2,3 W	-	4,7 Wh

Tabela 12 – Demanda energética da Estação Meteorológica.

Componentes	Tensão	Corrente	Potência	Tempo de uso diário	Consumo diário
Sensor BME280	5 V	2,7 uA	8,91 uW	0,026 h	0,23 uWh
Anemômetro	24 V	0,05 A	1,2 W	24 h	28,8 Wh
Sensor do índice pluviométrico de chuva	5 V	0,5 A	2,5 W	24 h	60 Wh
ESP 32	3,6 V	0,5 A	1,8 W	24 h	43,2 Wh
Módulo GMS	5 V	2A	10 W	0,173 h	1,73 Wh
Total	41 V	5,05 A	5,741 W	-	133,73 Wh

Como resultado temos que na estação do solo há uma demanda de 4,7 Wh e, na estação meteorológica, uma demanda energética de 133,73 Wh. Vale ressaltar que em ambas as estações, todos os componentes operam em corrente contínua.

7.5.4 Dimensionamento do módulo fotovoltaico

Antes de determinarmos o módulo fotovoltaico, é necessário realizar uma análise da irradiação solar incidente no local onde as estações irão operar. Para fins de dimensionamento, será considerado que o A2P2 operará no campus UnB-Gama. De acordo a tabela(13), a irradiação solar média neste local é de 5,45 KWh/m² dia, a mínima é 4,76 KWh/m² dia em novembro e a máxima é 6,52 KWh/m² dia em agosto.

Tabela 13 – Irradiação solar diária mensal em kWh/m².

Ângulo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
16 ²	4,99	5,41	5,13	5,52	5,68	5,83	6,52	5,58	5,33	4,76	4,93	5,45

Foram escolhidos os dados referentes ao ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos de 16° por ser a inclinação recomendada de acordo com a faixa de latitude geográfica ([CRESES, 2020](#)). Além disso, Será escolhido o menor valor da irradiação solar para garantir que o sistema de alimentação funcionará durante o ano todo.

Depois de determinar o valor da irradiação solar, será usado a equação 7.2 no qual permite calcular a potência do painel solar.

$$P = \frac{L}{HSP \times Red1 \times Red2} \quad (7.2)$$

Onde, P é a potência do painel solar dada em Wp, L é a quantidade de energia consumida dada em Wh/dia, HSP são as horas de sol pleno no plano do painel fotovoltaico no mês dada em h/dia, Red1 é o fator de redução da potência dos módulos fotovoltaicos e Red2 é o fator devido às perdas no sistema. Como o painel fotovoltaico será de silício, recomenda-se o uso de Red1 de 0,75 e Red2 igual a 0,9(CRESES, 2014).

Calculando, temos uma potência 1,46 Wp para o painel da Estação do solo e uma potência de 41,62 Wp para o painel da Estação Meteorológica. A partir das potências, designou-se os painéis e as tabelas abaixo trazem suas respectivas especificações:

Tabela 14 – Características dos painéis solares da A2P2.

Características	Estação do solo	Estação Meteorológica
Potência	3 W	45 W
Corrente de curto circuito	0,35 A	2,41 A
Tensão de máxima potência	9 V	17,82 V
Tensão de circuito aberto	10,6 V	21,72 V
Dimensões	230 x 190 x 17 mm	680 x 540 x 25 mm
Peso	0,5 Kg	4,9 Kg

7.5.5 Autonomia

A autonomia do sistema fotovoltaico off-grid é garantido pelo banco de baterias e é dado em dias. O número de dias de autonomia varia com as características climáticas da região onde se instala o sistema. Se no local tiver grande disponibilidade de radiação solar é escolhido um número menor de dias de autonomia, em regiões com grandes períodos de chuva, é recomendado escolher o número maior de dias de autonomia. No Brasil, é recomendado para sistemas fotovoltaicos autonomia entre 2 a 4 dias(CRESES, 2014). Neste trabalho, o A2P2 será dimensionado para ter 4 dias de autonomia.

7.5.6 Dimensionamento da bateria

Como a potência exigida pelos sensores nas duas estações é inferior a 1000W, a tensão das duas baterias a serem determinadas deverá ser de 12V(PORTALSOLAR,

2020).

Para determinar a capacidade das baterias em Ah foram usadas a equação(7.3) e a equação(7.4).

$$Capacidade = \frac{C_t \times N}{V_b \times Pd} \quad (7.3)$$

$$Capacidade = \frac{C_t \times N}{V_b \times Pdn} \quad (7.4)$$

Onde, C_t é o consumo total dado em Wh/dia, N é a autonomia dado em dias, V_b é a tensão da bateria dado em volts, Pd é a profundidade de descarga no final da autonomia dado em pu e Pdn é a profundidade de descarga no final de cada noite dado em pu/dia. Pd será considerado igual a 0,6pu uma vez que a bateria escolhida é estacionária e PDN é igual a 0,2pu/dia([ALVARENGA, 2020](#)).

Para as duas estações foram usadas as equações acima sendo que, a equação que resulta no maior valor para a capacidade das baterias é o valor escolhido. Assim, para a Estação do Solo obtivemos o resultado de 1,33 Ah e para a Estação Meteorológica, 19 Ah. Aplicando o fator de segurança de 1,25 e pesquisando valores de corrente comerciais em baterias temos como resultado uma bateria de 4Ah para a Estação do Solo e 24Ah para a Estação Meteorológica. A figura([24](#)) e a figura([25](#)) mostram as baterias escolhidas para o A2P2.



Figura 24 – Bateria de 12V, 4Ah - Estação do Solo. Fonte: [UNIPOWER 2020](#)



Figura 25 – Bateria de 12V, 24Ah - Estação Meteorológica. Fonte: [REISBATERIAS 2020](#)

A seguir, a tabela(15) mostra as características das baterias dimensionadas.

Tabela 15 – Características das baterias do A2P2.

Características	Estação do solo	Estação Meteorológica
Tensão	12 V	12 V
Capacidade	4 Ah	24 Ah
Peso	1,7 Kg	8,2 Kg
Dimensões	151 x 65 x101 mm	166 x 175 x 125 mm

7.5.7 Dimensionamento do controlador de carga

O objetivo do controlador de carga é proteger a bateria contra cargas e descargas excessivas, aumentando a sua vida útil. Controladores de carga são indispensáveis, caso venham falhar, a bateria pode sofrer danos irreversíveis.

O dimensionamento do controlador de carga baseia-se, principalmente, na definição dos níveis máximos das correntes elétricas que passam por ele, tanto as provenientes do módulo fotovoltaico, quanto as que são solicitadas pela carga. A corrente elétrica máxima demandada pelas cargas pode ser conhecida a partir das tabelas (11) e (12). Através da equação(7.5) é possível estimar a corrente do controlador de carga.

$$\text{Corrente do controlador de carga}(A) = \frac{\text{Potência das cargas CC } W \times 1,1}{\text{Tensão do banco de baterias}(V)} \quad (7.5)$$

A partir do cálculo da equação acima, temos como resultado uma corrente de 0,21A para a Estação do solo e 0,53A para o controlador da Estação Meteorológica. Além das correntes, deve-se analisar a tensão gerada pelo painel solar e a tensão da bateria. Desse modo, na Estação do Solo, a tensão que chega no controlador de carga proveniente do painel fotovoltaico é de 9V e a tensão de entrada/saída do lado da bateria é de 12V. Já na

Estação Meteorológica, são 18V do lado do painel solar e 12V no lado da bateria. Portanto, forma escolhidos os controladores de carga mostrados na figura(26) e na figura(27).

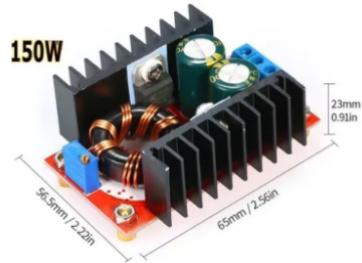


Figura 26 – Controlador de carga de 5v para 12V, 5A - Estação do Solo. Fonte: [MERCA-DOLIVRE 2020](#)



Figura 27 – Controlador de carga de 18V para 12V, 10A - Estação Meteorológica. Fonte: [SUNHOME 2020](#)

7.5.8 Sistema de condicionamento de potência

O sistema de condicionamento de potência é composto por equipamentos cuja função principal é otimizar o controle geração/consumo visando ao aproveitamento ótimo dos recursos, aliado à qualidade e continuidade na entrega da energia. A figura(28) ilustra a posição onde o sistema de condicionamento de potência se encontrará para garantir a correta alimentação dos sensores de solo e climáticos.

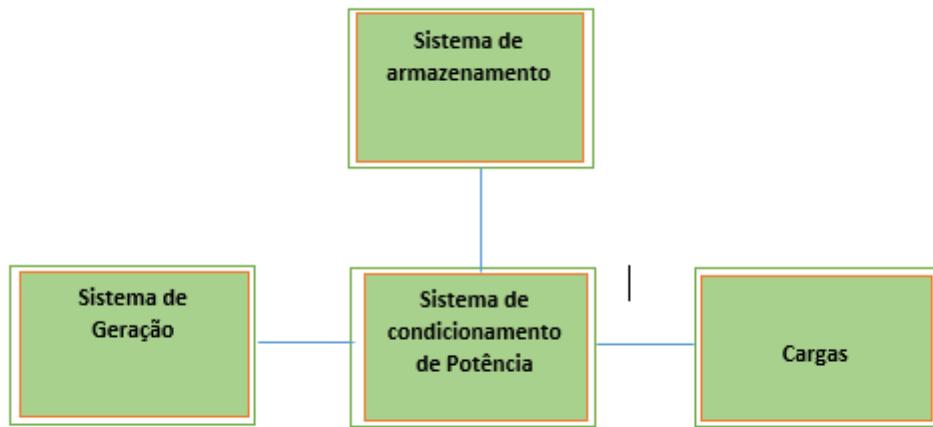


Figura 28 – Sistema de condicionamento de potência como conexão entre os sistemas de geração, armazenamento e carga. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes e Francisca Raiane Gomes Pessoa

Como da tensão proveniente das baterias é de 12V e as cargas de ambas as estações apresentam diferentes níveis de tensão, será necessário o uso de Conversores CC do tipo Step-Down e Step-Up que funcionam respectivamente como abaixador e elevador de tensão, convertendo um nível de tensão inicial em outro nível secundário. Para o tipo Step-Down, esse conversor deve ser capaz de reduzir a tensão de 12V proveniente da bateria para 3,3V e 5V, já o tipo Step-Up deve permitir o aumento da tensão de 12V para 24V. Dessa forma, foram escolhidos os conversores LM2596 e MT3608 para baixar e aumentar a tensão, respectivamente, como mostra a figura(29) e a figura(30).



Figura 29 – Conversor CC/CC Step Down LM2596. Fonte: CURTOCIRCUITO 2020



Figura 30 – Conversor CC/CC Step-up Mt3608. Fonte: [ELETROGATE 2020](#)

As características de cada conversor CC-CC estão listados na tabela(16).

Tabela 16 – Conversor CC-CC Step-Down e Step-Up.

Características	Step-Down LM2596	Step-Up Mt3608
Tensão de saída	4,5 V a 40 V	2 V a 24 V
Corrente de saída	3 A	3 A
Eficiência	90	93
Peso	10 g	10 g
Dimensões	43 x 21 x 14 mm	36 x 17 x 14mm

7.5.9 Sistema de proteção elétrica

Nos sistemas fotovoltaicos, os principais componentes utilizados para proteção de pessoas e dos equipamentos contra surtos e fugas de corrente são as chaves, fusíveis e disjuntores. Tais componentes são escolhidos de acordo com os valores máximos de tensão e corrente que irão percorrer determinado trecho do circuito([CRESESB, 2014](#)).

De forma a facilitar a visualização dos trechos do circuito de cada estação foi montados os seguintes diagramas do quadro de proteção:

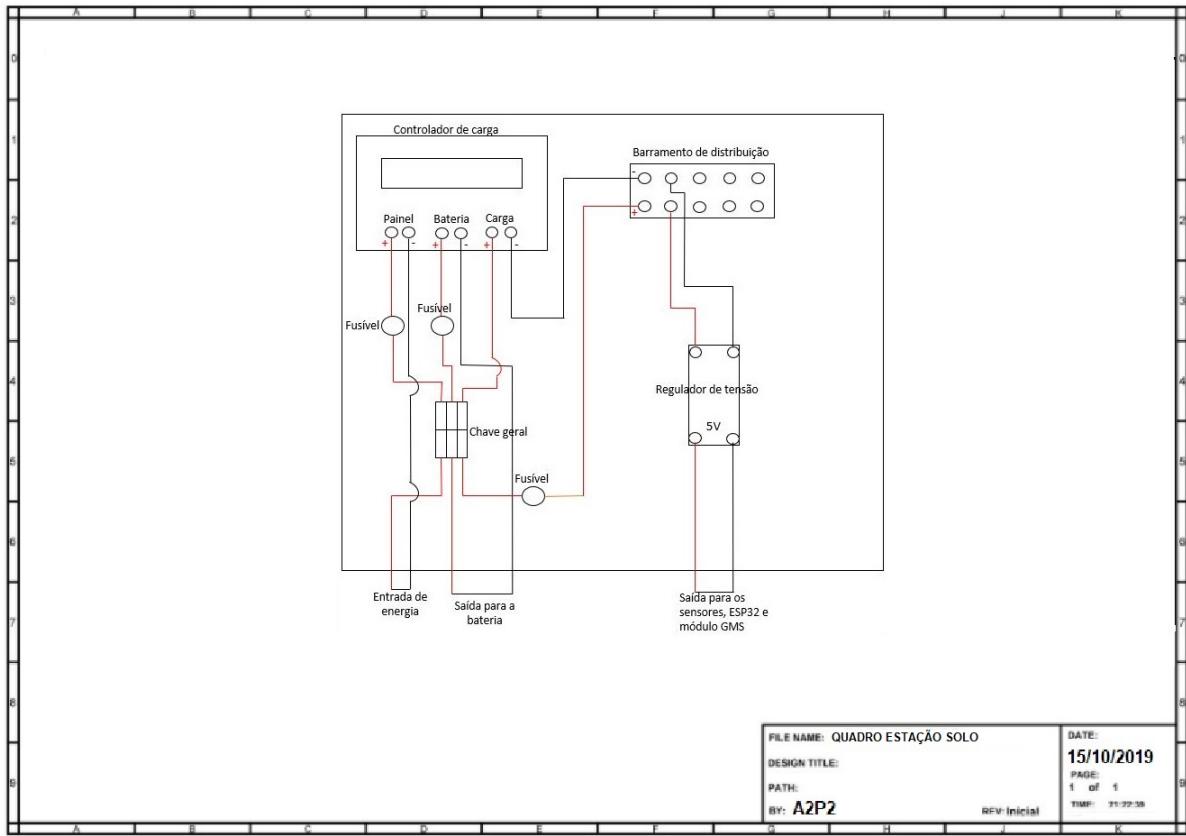


Figura 31 – Esquemático do quadro de proteção da Estação do Solo. Autor: Luyza Lórenna Lacerda Lopes

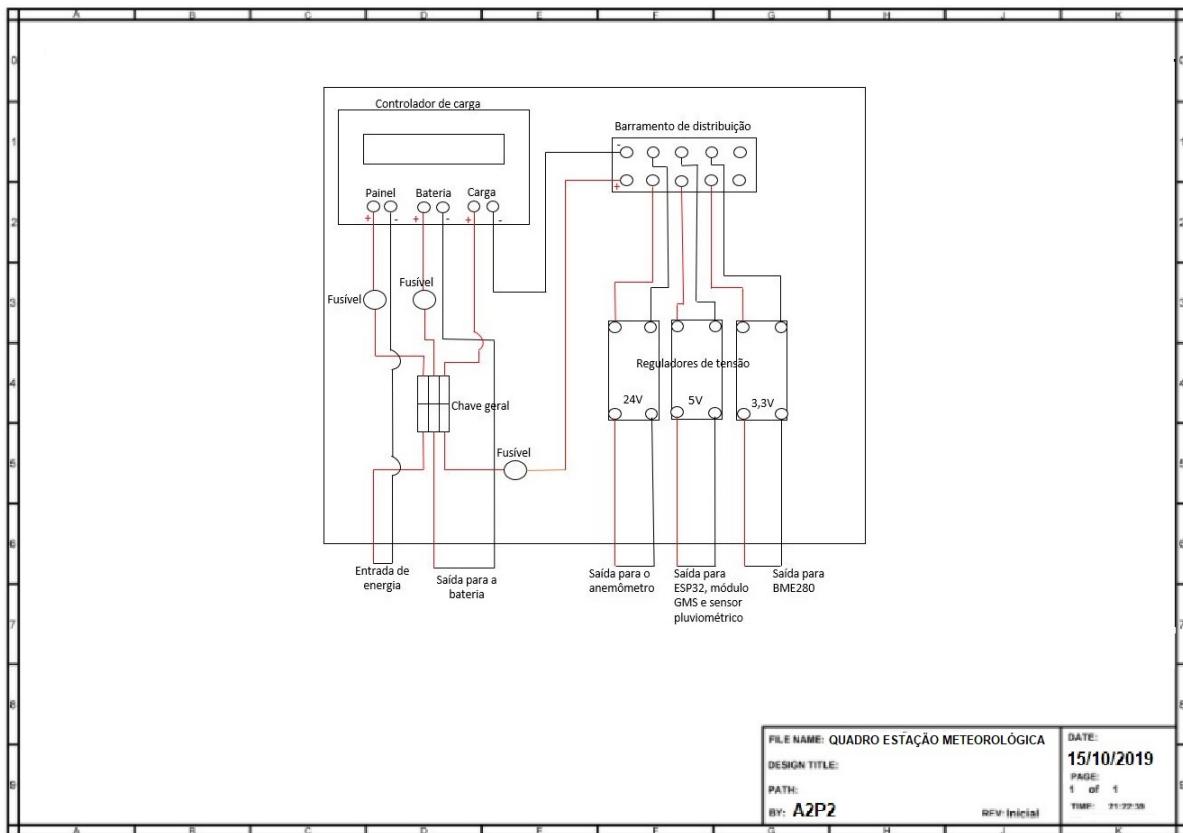


Figura 32 – Esquemático do quadro de proteção da Estação Meteorológica. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes

As representações esquemáticas da figura(31) e da figura(32) mostram como ficariam posicionados os equipamentos do sistema fotovoltaico já dimensionados e os componentes do sistema de proteção elétrica, onde o cabeamento em vermelho é positivo e o cabeamento em preto é negativo.

Para o dimensionamento do sistema de proteção utilizou-se um fator de segurança de 1,25(CRESES, 2014). Em ambas as estações, optou-se por utilizar uma chave geral de 3 polos, como mostra a figura(33), para secccionar o painel solar com o controlador de carga, o controlador de carga com a bateria e o controlador de carga com os sensores de cada estação. Dessa maneira, a chave geral possibilitará o secccionamento para fins de desenergização do quadro de forma geral e manutenção dos equipamentos.



Figura 33 – Chave geral 3 polos. Fonte: [ELETRODEX 2020](#)

Os fusíveis estão posicionados de maneira a proteger o controlador de carga da chegada de altas correntes que podem danificar o equipamento. Na Estação do Solo, no circuito entre o painel solar e o controlador de carga, o fusível escolhido é de 2A uma vez que a corrente máxima que pode fluir do painel solar para o controlador de carga é 0,35A. No circuito entre o controlador de carga e a bateria, para que a bateria não forneça correntes maiores que a suportada pelo controlador, o fusível escolhido é de 2A.

Já no circuito entre o controlador de carga e os sensores de solo, a máxima corrente que poderá fluir de acordo com a tabela(11) é de 2,4A. Aplicando o fator de segurança temos que o fusível a ser utilizado é de 3A.

Na Estação Meteorológica, no circuito entre o painel solar e o controlador de carga, o fusível escolhido é de 3A uma vez que a corrente máxima que pode fluir do painel solar para o controlador de carga é 2,41A. No circuito entre o controlador de carga e a bateria,o fusível escolhido é de 3A. E no circuito entre o controlador de carga e os sensores de solo, a máxima corrente que poderá fluir de acordo com a tabela(12) é de 5,05A. Aplicando o fator de segurança temos que o fusível a ser utilizado é de 7A.

Todos os fusíveis estarão conectados através do porta fusível 5x20 AS-06 como mostra a figura(34).



Figura 34 – Porta fusível 5x20 AS-06. Fonte: [ELETTRICA 2020](#)

7.5.10 Aterramento

O aterramento é a ligação intencional de estruturas ou instalações elétricas com a terra de modo a garantir um caminho para correntes elétricas indesejáveis de surto e fuga evitando riscos tanto para as pessoas quanto para os equipamentos. Isso ocorre uma vez que o aterramento fornece um caminho de baixa resistência do posto aterrado até o solo, onde a energia é dissipada com segurança. Vale ressaltar que todo o aterramento em sistemas elétricos de baixa tensão deve estar de acordo com a norma ABNT NBR 5410:2004.

Em sistemas fotovoltaicos off-grid, todas as partes metálicas devem ser aterradas. Desse modo, O painel foto.voltaico, o controlador de carga, a bateria e as cargas devem ser aterrados. Para a fixação do aterramento ao solo é utilizado uma haste de cobre com seção de 95 mm², segundo a norma ABNT NBR 5410:2004.

7.5.11 Dimensionamento do cabeamento

Para o dimensionamento dos cabos foi usado como embasamento a Norma NBR 5410/2004, essa norma determina condições e regras para instalações elétricas de baixa tensão até 1000V em tensão alternada e 15000V em tensão ininterrupta no Brasil, essa norma visa garantir a qualidade nas instalações, de forma a não oferecer riscos e padronizar as instalações e sistemas elétricos.

De acordo com a tabela 33 da NBR 5410, o método de referência a ser adotado deve ser o C: Cabos unipolares ou cabos multipolares em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira e método de instalação 12.

- 1.º Passo: Método de instalação e de referência
- 2.º Passo: Quantidade Ideal de cabos
- 3.º Passo: Consulta da tabela 36 da NBR de condução de corrente

Como foi apresentado nas tabelas(11) e (12), as correntes do sistema são muito baixas quando se comparado as especificações da NBR, variam de 67 mA a 5,05 A. Na ABNT NBR 5410:2004, a menor seção transversal é 0,5 mm² que tem uma corrente máxima permitida 9A, sendo assim, será utilizada uma bitola com 0,5mm² para cada trecho.

7.5.12 Esquemático do sistema

Com todo o dimensionamento realizado é possível completar o esquemático da figura(22) e da figura(23). As figuras abaixo mostram o diagrama unifilar das suas estações.

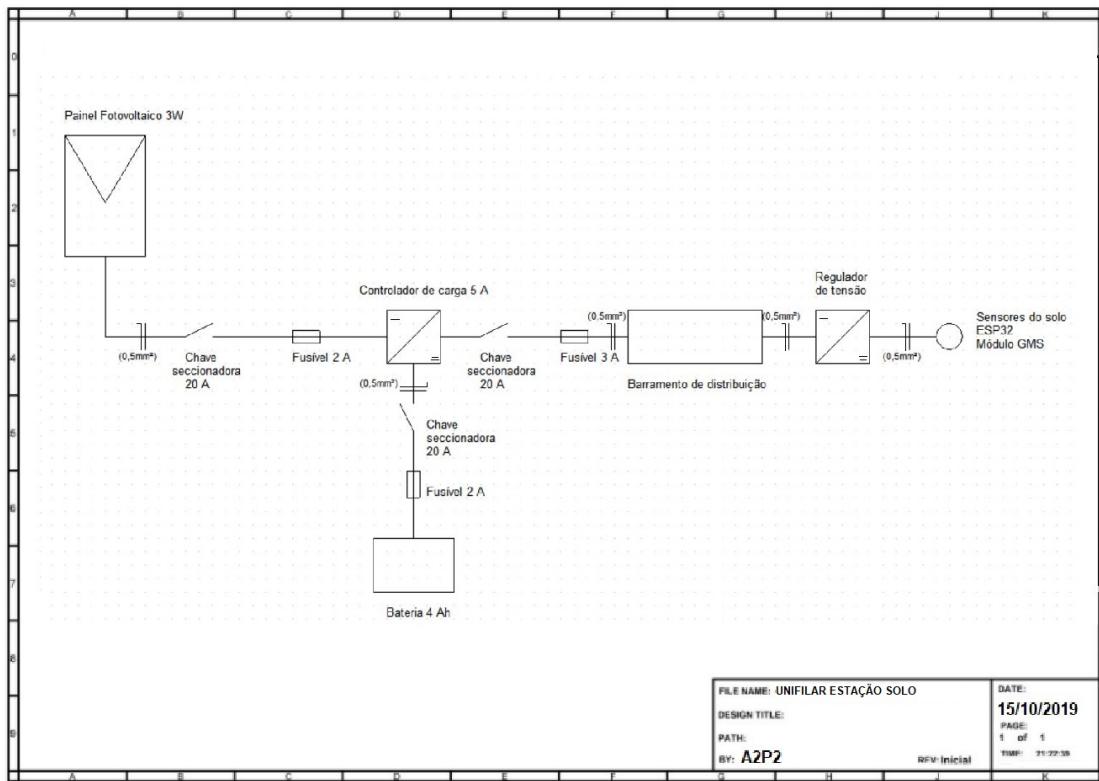


Figura 35 – Diagrama unifilar da Estação do Solo. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes

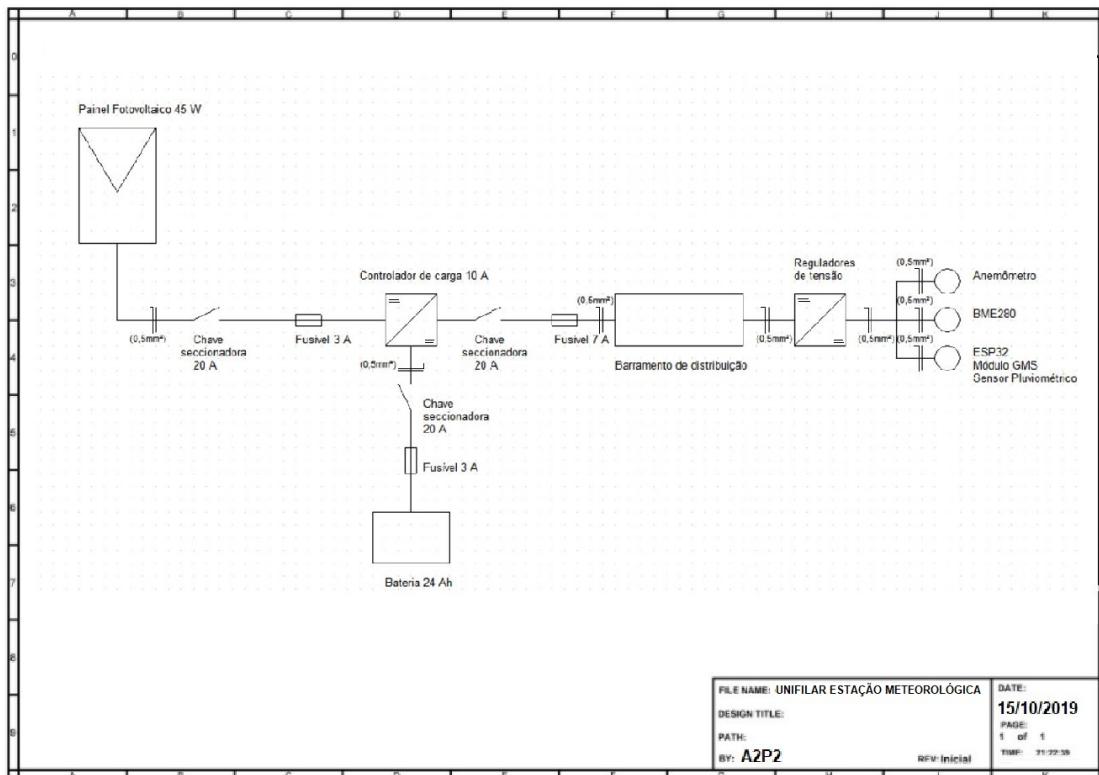


Figura 36 – Diagrama unifilar da Estação Clima-Solo. Autor: Luyza Lorenna Lacerda Lopes

7.5.13 Simulação

Para a simulação do Sistema de alimentação foi utilizado o programa PVsyst 7.0. Desenvolvido pela Universidade de Genebra (Suiça), esse programa permite que o usuário trabalhe com um sistema no estágio inicial até o estágio mais complexo onde o projeto está mais detalhado. O software permite a simulação tanto de sistemas fotovoltaicos conectados à rede quanto para sistemas solares isolados, além de auxiliar na simulação para sistemas de bombeamento de água através da luz solar(CRESESB, 2014).

No caso de um sistema fotovoltaico off-grid, primeiramente foi inserido os dados da irradiação solar incidente na UnB Campus-Gama, de acordo com a figura(37).

	Global horizontal irradiation kWh/m ² /day	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² /day	Temperature °C	Wind Velocity m/s	Relative humidity %
January	5.83	3.05	23.8	2.30	80.3
February	5.84	2.78	23.7	2.00	81.0
March	5.48	2.64	23.5	2.00	81.4
April	5.25	2.23	23.1	2.00	79.1
May	4.93	1.68	21.8	1.80	72.1
June	4.94	1.12	20.1	1.90	68.2
July	5.23	1.07	20.4	2.00	61.0
August	5.98	1.21	22.1	2.31	53.6
September	6.23	2.09	23.7	2.39	55.9
October	5.99	2.61	24.9	2.30	61.6
November	5.50	2.81	23.2	2.30	80.0
December	5.60	3.09	23.5	2.30	80.2
Year	5.56	2.19	22.8	2.1	71.2
	Paste	Paste	Paste	Paste	

Figura 37 – Irradiação mensal do local de teste. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa

Em seguida, é inserido a inclinação no qual o painel solar será submetido, conforme dito no início dessa seção, ilustrado na figura(38).

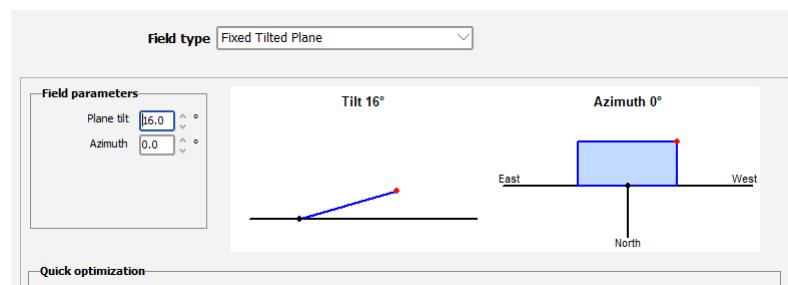


Figura 38 – Inclinação do Módulo Fotovoltaico. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa

Por fim, os dados referentes a demanda energética diária de cada estação são acrescentados, conforme a figura(39) e a figura(40).

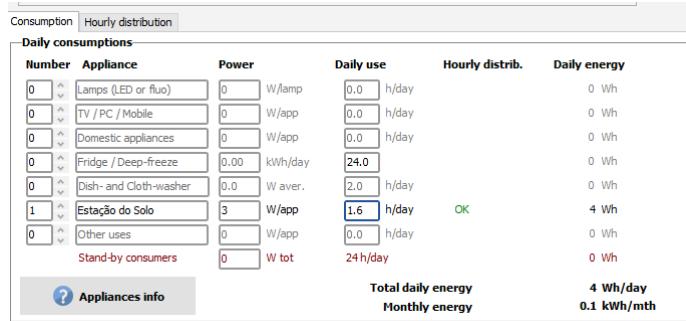


Figura 39 – Consumo diário da Estação de análise do Solo. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa

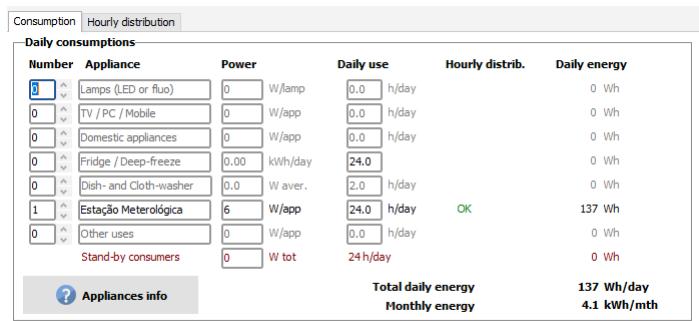


Figura 40 – Consumo diário da Estação Meteorológica. Autor: Francisca Raiane Gomes Pessoa

7.6 Solução de Estrutura

A estrutura entra no projeto com o papel de prover o funcionamento de todo o conjunto sustentando e integrando fisicamente os demais sistemas envolvidos.

No campo, os componentes estruturais manterão os componentes de alimentação, sensoriamento e transmissão de dados à prova de agentes externos por meio das duas estruturas, as quais constituem estações de envio de dados e são chamadas de Estação Clima-Solo e Estação Solo.

A primeira, considerada estação matriz, é responsável pela aquisição de dados meteorológicos no local e dados do solo naquela porção de terra que possui, dentre elas, a maior dimensão.

A segunda, que é responsável pela aquisição de dados unicamente relacionados ao solo, possui certa semelhança com a clima-solo. Entretanto, possui dimensões reduzidas para que seu uso seja voltado para o solo e não ocorra sobredimensionamento desnecessário.

Abaixo estão ilustradas as primeiras versões das duas estações: Clima-Solo e Solo, que visam atender às demandas estruturais do projeto, respectivamente.



Figura 41 – Estação Clima-Solo. Fonte: Autores

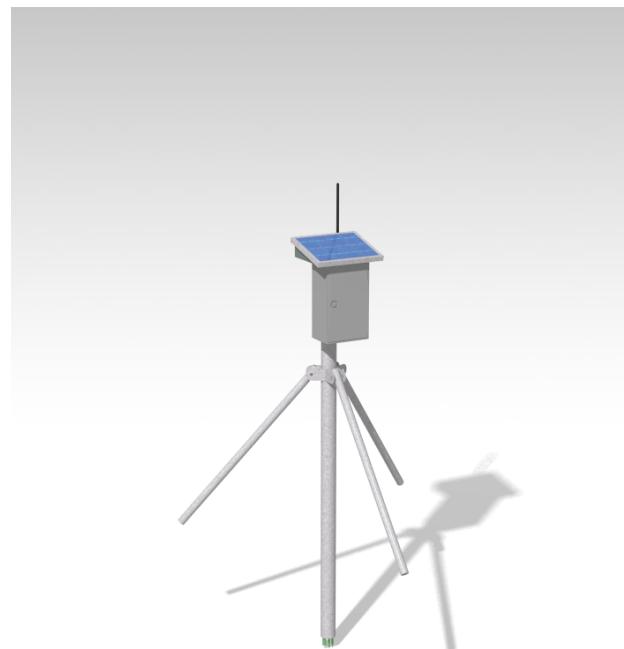


Figura 42 – Estação Solo. Fonte: Autores

7.6.1 Posicionamento dos Equipamentos na Estrutura

7.6.1.1 Estação meteorológica

A estação meteorológica, também referenciada como estação clima-solo, permite a medição das seguintes variáveis climáticas: umidade do ar, pressão atmosférica, temperatura local, velocidade do vento e índice pluviométrico, portanto há normas e indicativos que foram seguidos para determinar o posicionamento dos medidores.

7.6.1.1.1 Sensor de Temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica

A umidade relativa do ar se caracteriza como a relação entre a pressão de vapor de água na atmosfera e a pressão de saturação do vapor sobre uma superfície de água na mesma temperatura.([EPAGRI, 2012](#))

A pressão atmosférica é a força por unidade de área que a coluna de ar exerce em uma determinada posição.([EPAGRI, 2012](#))

A temperatura do ar é um parâmetro fundamental para análise do clima e ambiente em plantações, visto que atua no processo de evapotranspiração, pois o calor absorvido pela atmosfera e o calor emitido pela superfície terrestre elevam a temperatura do ar. Assim, o ar aquecido transfere energia para as plantas em forma de calor sensível.([EPAGRI, 2012](#))

O Sensor bme 280 é o sensor de pressão que será o responsável por obter esses parâmetros que são essenciais para análise do clima nos locais de plantações. Para assegurar seu pleno funcionamento, deve ficar protegido conforme recomendação do fabricante e sempre ter acesso ao ar atmosférico. ([EPAGRI, 2012](#))

O sensor de pressão estará disposto a 1,5m de altura relação ao solo, que é a altura recomendada de acordo com os padrões de instrumentação de estações automáticas da American Association of State Climatologists ([CLIMATOLOGISTS, 1985](#)) e está dentro dos padrões da World Meteorological Organization ([ORGANIZATION, 2008](#)).

7.6.1.1.2 Anemômetro

O vento é o deslocamento do ar que migra de regiões de alta pressão atmosférica para pontos de baixa pressão. É expresso de acordo com sua força e a direção de onde ele está soprando. ([EPAGRI, 2012](#))

O anemômetro estacionário é o responsável pelo monitoramento da velocidade horizontal do vento (normalmente em m/s), dessa forma ajuda no controle contra rajadas

de ventos e auxilia o agricultor a evitar transtornos tanto na plantação quanto em perdas econômicas.

A posição do anemômetro deve assegurar que ele estará livre de obstruções que possam interferir no vento. Segundo o padrão da WMO para estações meteorológicas, o anemômetro estará posicionado a uma altura de 2m em relação ao solo.

7.6.1.1.3 Pluviômetro

O pluviômetro é o aparelho que permite medir a precipitação (em mm). Para a instalação do pluviômetro, a World Meteorological Organization ([ORGANIZATION, 2008](#)) recomenda que a altura deva ser baixa, porém alta o suficiente para evitar respingos do chão. A altura adotada para o pluviômetro do projeto é de 1,5m em relação ao solo, pois é o padrão de altura normalmente utilizada no Brasil para estações meteorológicas automáticas. ([TUCCI, 2004](#))

Para não afetar a funcionalidade do mesmo, o aparelho deve ficar longe de qualquer obstáculo que possa interferir na medição dos dados. Recomenda-se que a distância entre qualquer obstáculo seja maior que duas vezes a altura do pluviômetro em relação a esse objeto, como ilustra a imagem abaixo. ([TUCCI, 2004](#))

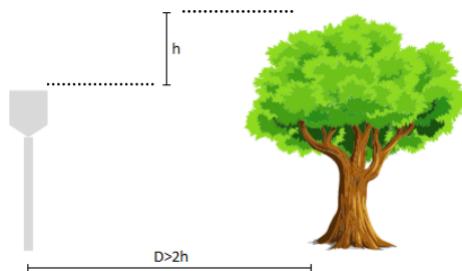


Figura 43 – Distância entre pluviômetro e objeto de obstrução. Fonte: ([TUCCI, 2004](#)) (Adaptado)

O pluviômetro estará disposto a 0,4m de distância do mastro da estação clima-solo e a uma distância horizontal de 0,7m em relação ao anemômetro.

7.6.1.2 Estação solo

7.6.1.2.1 Sensores de medição do pH e umidade do solo

A estação solo permite a medição do pH e umidade do solo. A análise química do solo é um instrumento que permite a transferência de informações sobre parâmetros importantes para aplicação de medidas de preparo do solo. ([CHITOLINA, 2009](#))

Estudos comparativos entre plantios com análise vertical do solo foram realizados com profundidades de 0 a 5 cm; de 5 cm a 10 cm; de 10 cm a 15 cm e de 15 cm a 20 cm. (CHITOLINA, 2009) Outros estudos analisaram medições em amostras de 40 cm de profundidade. (ROSOLEM, 2010) A avaliação da necessidade de calagem e as correções na acidez do solo são realizadas normalmente nas profundidades de 0 – 20 cm, região também conhecida como profundidade de camada arável. (VASCONCELLOS, 1986; NICOLODI, 2010)

A profundidade de medição também pode variar de acordo com a cultura que estará sendo analisada. (CHITOLINA, 2009) A WMO define um padrões de profundidades de 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm para medição de temperatura do solo, já a AASC define o padrão de 10 cm ± 1.0 cm. Profundidades adicionais podem ser incluídas. (ORGANIZATION, 2008; CLIMATOLOGISTS, 1985)

Dentro dessas análises, foi determinada uma profundidade de regulagem de 10cm, 20cm e 30cm para o posicionamento dos sensores de umidade e pH do solo.

Existe uma variedade de técnicas de coleta de solo, que podem ser divididas em coleta de amostra contínua por meio de um tubo inserido no solo e coleta segmentada do solo por tradagens sucessivas. Em coleta de amostra contínua, tubos de no mínimo 50 mm de diâmetro são inseridos a uma profundidade de cerca de 50 cm. (FILIZOLA, 2006) Dentro dessa prerrogativa o diâmetro escolhido para o tubo de inserção dos sensores no solo é de 88,9 mm.

7.6.2 Esforços

7.6.2.1 Forças devido à ação do vento

Há normas que regem o cálculo da ação do vento sobre estruturas na construção civil que visam satisfazer a necessidade de resistência de edificações, entretanto, para uma estrutura mecânica reduzida, parte dos fatores envolvidos nos cálculos não se aplicam.

Tem-se como exemplo a NBR 6123 (ABNT, 1988) que aborda justamente o cálculo das forças devidas ao vento em edificações. A norma pode ser utilizada para o caso em questão, mas esta considera variáveis que podem ser desconsideradas visto o porte e baixo grau de complexidade de construção do equipamento, características e dimensionamento. Se comparado ao resultado extraído fórmula geral de ação do vento, o resultado não seria refinado à ponto de justificar sua utilização.

A fórmula determinada pelo UBC 97 (UBC, 1997) também pode ser utilizada como referência para o cálculo, entretanto, as variáveis consideradas acabam se mostrando sobressalentes sobre as variáveis de real importância, o que nos retorna à utilização da fórmula geral para o cálculo em questão.

A fórmula geral é dada por:

$$F = A \times P \times C_d$$

F representa a força do vento;

A representa a área projetada do objeto;

P representa a pressão do vento;

Cd representa o coeficiente de arrasto;

A variável F é o objetivo do cálculo e será utilizada para o cálculo das tensões ocasionadas da estrutura devido aos esforços envolvidos. Para cada superfície sujeita à força do vento será calculado um F diferente. Serão consideradas separadamente para o cálculo da área projetada A, as áreas da placa solar, da caixa de instrumentos, do pluviômetro e da haste central, respectivamente.

Para fins de dimensionamento, foi considerada a pior situação, que é: o vento sempre incidirá perpendicularmente às superfícies, para todos os componentes, exceto na placa solar. Para esta, foi considerada a área projetada correspondente à decomposição das forças em função dos seus 16° com relação ao plano do solo de utilização. As dimensões dos componentes e áreas projetadas consequentes estão citadas no quadro abaixo.

Tabela 17 – Dimensões dos componentes e áreas projetadas. Fonte: Caio Camilo.

Componente	Comprimento (m)	Largura (m)	Área Considerada (m ²)
Placa solar	0,540	0,680	0,3672
Caixa de distribuição	0,200	0,200	0,0400
Caixa da bateria	0,165	0,215	0,0355
Pluviômetro	0,284	0,147	0,0417
Haste central acima do apoio	1,417	0,0889	0,1260
Haste central abaixo do apoio	0,583	0,0889	0,0518

Para o cálculo da pressão do vento, será utilizada a fórmula adotada pela ASCE (American Society of Civil Engineers, 1852) e é dada por:

$$P = 0,613V^2$$

A constante de 0,613 é calculada com base na densidade do ar e aceleração gravitacional. A variável V é a velocidade do vento em m/s e seu valor foi adotado com base nos requisitos de resistência estruturais que determinam que o equipamento deve ser capaz de resistir à ventanias.

Segundo a Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 1991) que utiliza como referência a Escala de Beaufort (FRANCIS BEAUFORT, 1838), que classifica a intensidade dos ventos, ventania é a designação adotada para ventos muito fortes de grau 8 que circulam entre 62 e 74 km/h (17,2 a 20,7 m/s) e como consequências locais quebram-se galhos de árvores e nota-se dificuldade em andar contra o vento Portanto, o valor adotado para o cálculo de resistência devido à ação do vento foi de 20,7 m/s.

Portanto, o valor de $P = 262,6644 \text{ N/m}^2$

Segundo Çengel e Cimbala no livro Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações o coeficiente de arrasto Cd padrão para cilindro vertical varia entre 0,6 e 1,2, dependendo apenas da relação L/D onde L é o diâmetro do tubo e D o seu comprimento. (??) Considerando-se escoamentos laminar, segundo os autores:

Tabela 18 – Relações entre L e D. Fonte: (ÇENGEL; CIMBALA, 2012)

L/D	Cd
10	0,9
40	1,0
Infinito	1,2

A estrutura em questão resulta em um L/D = 22,497, portanto, o Cd adotado foi igual a 1,0.

Assumindo-se que a multiplicação dos fatores P e Cd resultam na constante equivalente Eq e tem o valor de X, o cálculo dos esforços provenientes da ação do vento sobre os itens da estrutura, então, pode ser descrito da seguinte forma:

Tabela 19 – Esforços provenientes da ação do vento sobre os itens da estrutura.

Componente	Área (m^2)	Força Resultante (N)
Placa solar	0,3672	96.4503
Caixa de distribuição	0,0400	10.5065
Caixa da bateria	0,0355	9.3245
Pluviômetro	0,0417	10.9531
Haste central acima do apoio	0,1260	33.0957
Haste central abaixo do apoio	0,0518	13.6060

A representação gráfica desses esforços pode ser observada na figura abaixo:

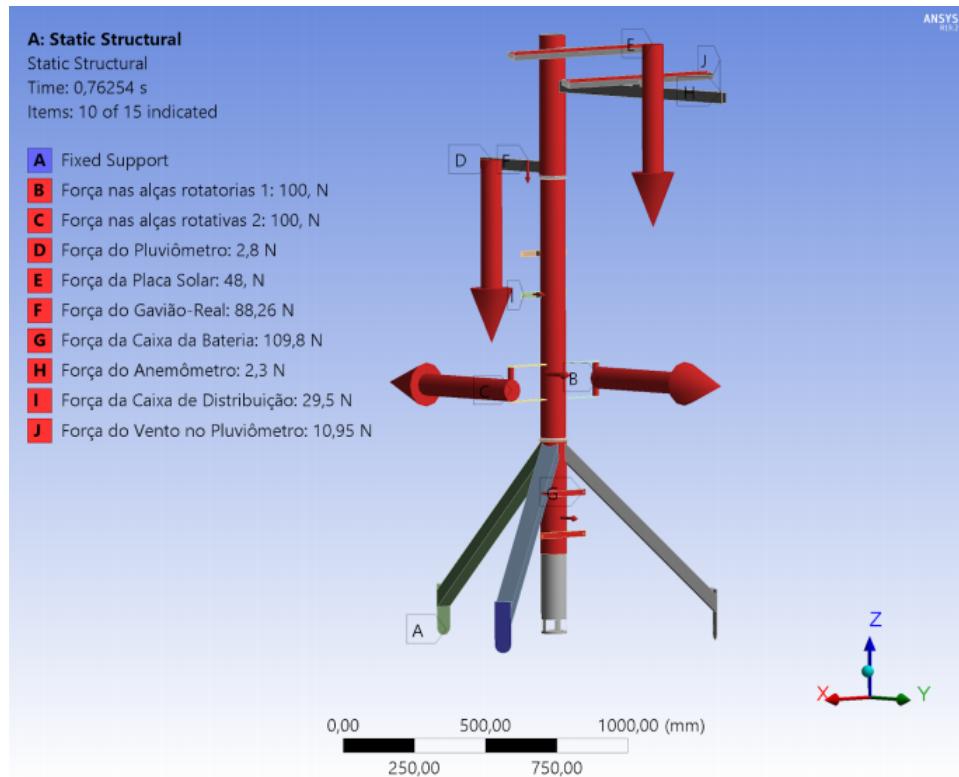


Figura 44 – Esforços atuantes na estrutura. Fonte: Matheus Avelino

7.6.2.2 Esforço devido à massa dos próprios componentes e apoios externos

Busca-se verificar os momentos gerados nos pontos de fixação que são ocasionados pelas massas dos próprios componentes. Para isso, foram consideradas suas massas e de possíveis interferências por agentes externos, todos sob ação da aceleração gravitacional.

Como agente externo, foi feito um estudo de possíveis aves que habitam o território nacional e poderiam vir pousar na estrutura. O Gavião-real é uma ave bastante recorrente no Brasil, principalmente nas regiões mais ao norte e algumas áreas da Bahia e do sudeste. É bastante conhecida por sua dimensão e peso, que podem chegar a, aproximadamente 1m e 9kg Devido a isso, espécie foi considerada para fins de cálculo de resistência da estrutura, caso um gavião-real viesse pousar sobre os braços de sustentação do anemômetro ou pluviômetro.

Os esforços foram considerados nos acoplamentos dos medidores sustentados pela haste central e as massas correspondentes estão listadas abaixo e ocasionam os seguintes esforços. Sua representação gráfica encontra-se na seção que aborda os ensaios computacionais.

Tabela 20 – Esforços nos acoplamentos dos medidores.

Componente	Somatório das massas (kg)	Peso (N)
Placa solar	4,9	48.0526
Caixa de distribuição	3,0	29.4199
Caixa da bateria	11,2	109.8349
Pluviômetro	0,280	2.7459
Anemômetro	0,235	2.3046
Gavião-real	9,0	88.2599

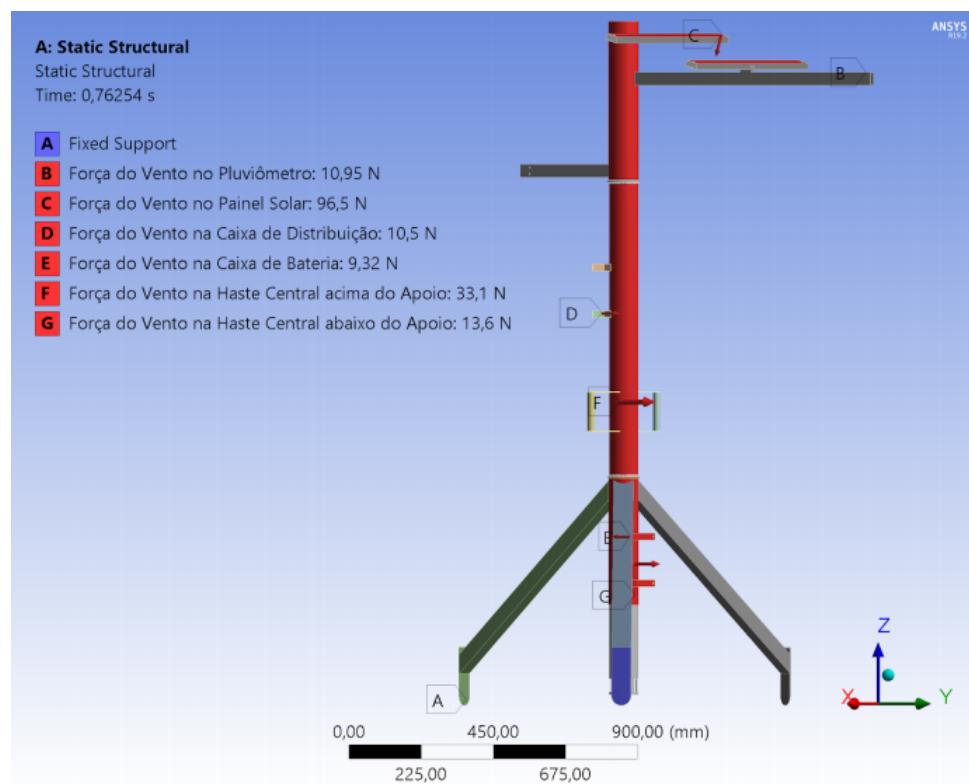


Figura 45 – Esforços atuantes nos acoplamentos. Fonte: Matheus Avelino

7.6.3 Material

Para selecionar o melhor material a ser utilizado no projeto, utilizou-se uma matriz de decisão que está representada na Tabela 26 no apêndice Apêndice I.

Os valores adotados na tabela foram avaliados segundo os seguintes critérios:

- Peso: 0 sendo muito pesado e 10 sendo muito leve;
- Disponibilidades: 0 sendo baixa disponibilidade no mercado e 10 muita disponibilidade;
- Resistência a corrosão: 0 sendo pouco resistente 10 sendo muito resistente;
- Resistência mecânica: 0 sendo pouca resistência 10 muita resistência;
- Soldabilidade: 0 sendo muito difícil de soldar e 10 fácil de soldar;

De acordo com os critérios escolhidos, o AISI 316L é a melhor escolha dentre os materiais analisados. Mas o que mais impactou em sua escolha foi a sua resistência a corrosão, visto que o ambiente onde a estrutura irá ser exposto tem uma grande variedade de elementos químicos que podem degradar o material da estrutura.

Além de sua resistência a corrosão o material apresenta ótimas propriedades mecânicas, como mostrado na tabela 27 (Apêndice Tabla I), tornando o projeto seguro e resistente aos esforços externos que a estrutura venha a ser submetida. Outro fator importante na decisão foi a maior facilidade de soldar por ele ser um aço inox com baixo teor de carbono no máximo 0,03 % de carbono.

7.6.4 Qualidade da malha

A qualidade da malha gerada via Ansys pode ser observada na figura abaixo. O seu ponto crítico, este é, de menor qualidade, com valor correspondente a X está evidenciado em vermelho. Como pode-se concluir, esse valor foi atingido somente em um ponto da malha, que considera-se um ponto de alta complexidade entre a união dos pontos, e não se alastrou por toda sua extensão, o que não compromete a qualidade do ensaio.

O ensaio de convergência da malha não foi possível devido a limitações de hardware, portanto, foi feita uma análise geral sobre a qualidade da malha, como esta se comportou durante os ensaios e seus pontos críticos, como o citado acima.

Concluiu-se que o resultado não interferiu negativamente de forma significativa nos resultados extraídos das simulações

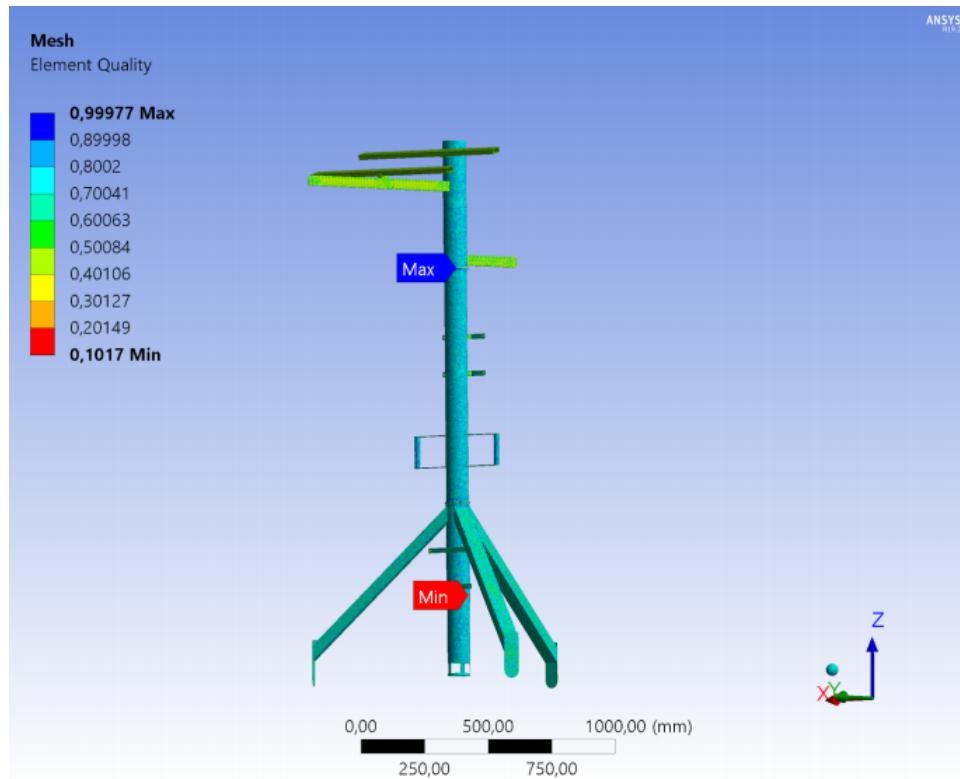


Figura 46 – Malha. Fonte: Matheus Avelino

7.6.4.1 Tensões provenientes dos esforços estáticos

O resultado dessa sessão do ensaio computacional considerou todos os esforços estáticos intrínsecos aos componentes citados na sessão de esforços deste documento. Os valores de massa foram aplicados aos seus pontos correspondentes de fixação e o peso ocasionado pelo agente externo foi distribuído como uma força cisalhante em cada uma das barras de sustentação do anemômetro e pluviômetro, respectivamente.

O valor da tensão de von Mises mais alta extraída do ensaio foi equivalente à 128,87 MPa.

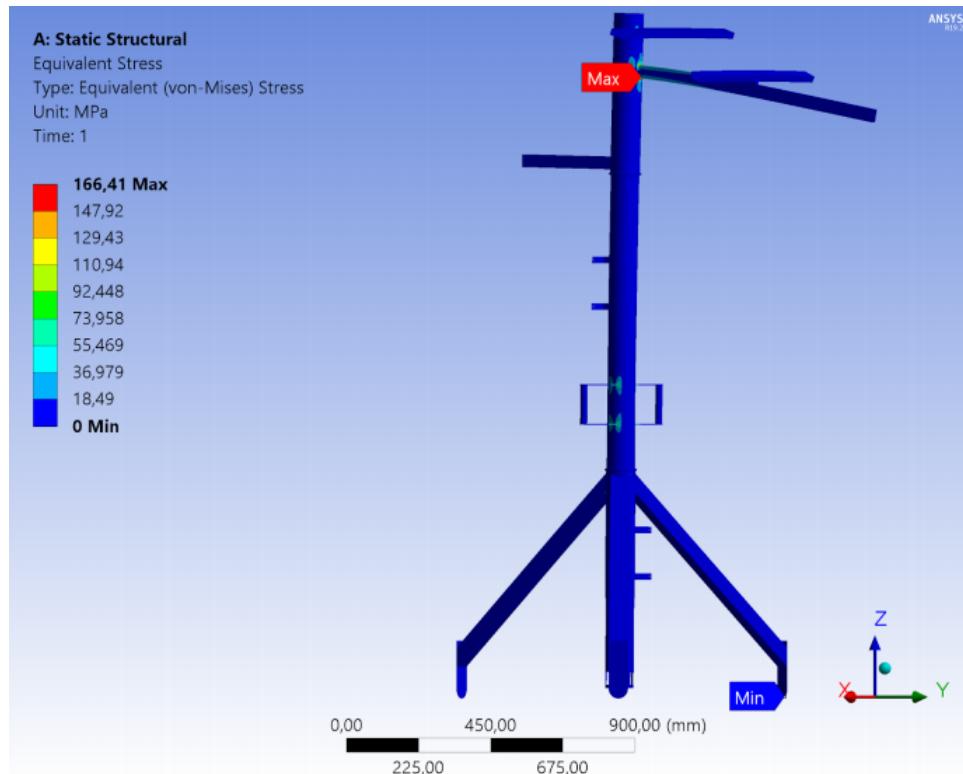


Figura 47 – Tensões provenientes dos esforços estáticos. Fonte: Matheus Avelino

7.6.4.2 Tensões provenientes dos esforços de ação do vento

Os esforços ocasionados pela ação do vento estão passíveis de ocorrer em situações de avaria de clima e tempo. Como resultado, vendavais podem aplicar esforços de maior intensidade. Como o objetivo da estrutura é suportar ventos de até 20,7 m/s, esta deve suportar os esforços ocasionados da pressão do vento contra elementos da estrutura.

Para realização desse ensaio, foram considerados todos os esforços estáticos, exceto o ocasionado pelo pouso de uma ave sobre os braços laterais de sustentação, acrescidos aos esforços originados pela ação do vento.

O valor da tensão de von Mises mais alta extraída do ensaio para esforços provenientes da ação do vento foi equivalente à 166,41 MPa. Levando em consideração que o Limite de Escoamento de 290 MPa temos um fator de segurança de 1,74.

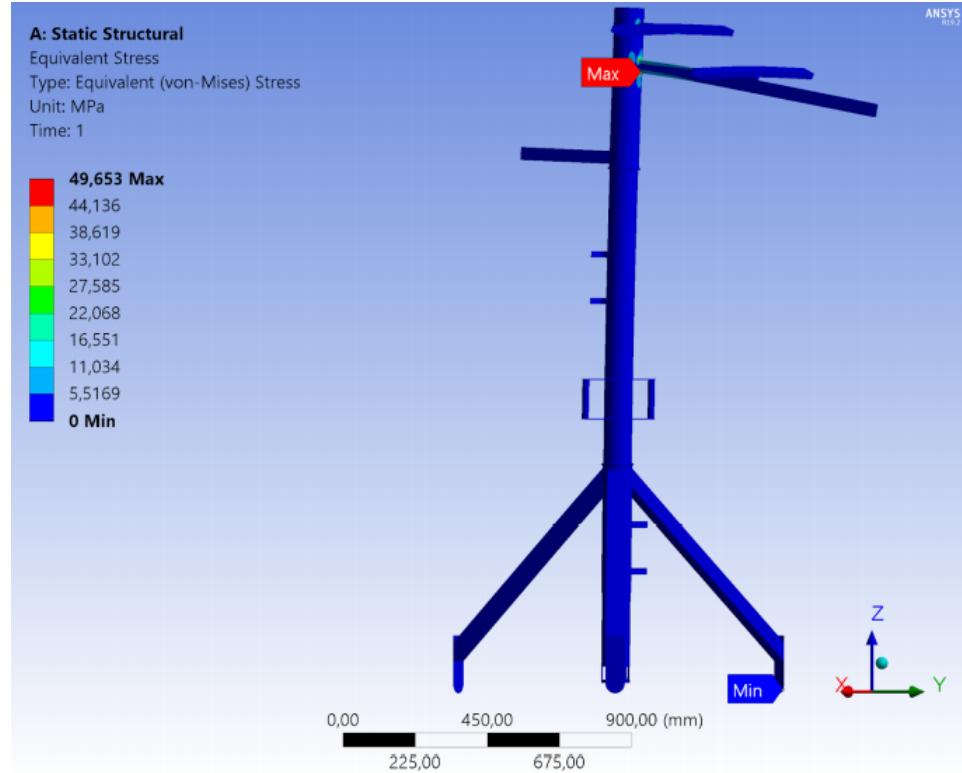


Figura 48 – Tensões provenientes dos esforços da ação do vento. Fonte: Matheus Avelino

7.6.5 Estrutura Final

7.6.5.1 Estação Meteorológica

Esta estação possui ao topo uma placa solar, um anemômetro e um pluviômetro. Ao centro temos uma caixa de distribuição e as alças para realizar a rotação da broca perfuradora de solo. Abaixo do tripé temos a caixa da bateria e os sensores de PH e Umidade juntamente com a broca perfuradora de solo. Os desenhos técnicos podem ser encontrados na seção de apêndices.



Figura 49 – Estação Clima-solo. Fonte: Caio Camilo

7.6.5.1.1 Estação solo

Nesta estação ao topo está localizada a placa solar juntamente com a caixa distribuidora, ao centro temos as alças para realizar a rotação da broca perfuradora de solo. Logo após o tripé temos a caixa da bateria e os sensores de PH e Umidade junto com a broca perfuradora de solo.



Figura 50 – Estação Solo. Fonte: Caio Camilo

7.7 Software implementado

7.7.1 Concepção do Projeto

O objetivo da solução de software é, com dados dos sensores, apoiar aos fazendeiros tomarem decisões mais rápidas com dados momentâneos. O projeto tem como objetivo o desenvolvimento do aplicativo A2P2. A subseção 7.4.2 descreve a concepção e a elaboração do aplicativo.

7.7.2 Aplicativo A2P2

O A2P2 tem como objetivo facilitar na obtenção e visualização de informações de forma mais clara e rápida da fazenda. Dessa forma, a criação de um aplicativo associado aos sensores, subseção 7.1.3, pode tornar, de forma mais simples, a tomada de decisão do fazendeiro. Um aplicativo que indica os dados previstos nos sensores, como temperatura, umidade, pressão, velocidade e direção do vento, índice volumétrico, além de emitir alertas quando os dados são divergentes do resultado esperado pelo fazendeiro. A seção, a seguir, apresenta os principais módulos do aplicativo A2P2.

7.7.2.1 EAP do produto

O aplicativo A2P2 possui as funções de notificação através do ChatBot, onde o usuário poderá solicitar a visualização um sensor específico dentro da fazenda e também irá emitir alertas caso algum dos sensores espalhados tenham alterações. Possui a função Fazenda, onde em forma de gráficos, o usuário pode visualizar os dados coletados, localização do sensor no mapa, possuindo também a opção de exportar essas informações. Informações essas que só poderá ser acessada dentro do aplicativo quando o usuário estiver autenticado.

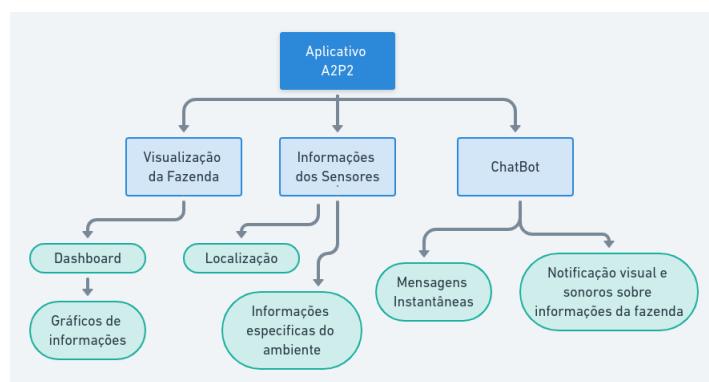


Figura 51 – EAP do Produto. Fonte: Autores

7.7.3 Arquitetura do software

O documento de arquitetura tem como finalidade descrever a arquitetura utilizada no desenvolvimento do software.

Nessa seção, será descrito o modelo de arquitetura do Projeto A2P2 que guiará a implementação do aplicativo.

7.7.3.1 Representação da Arquitetura

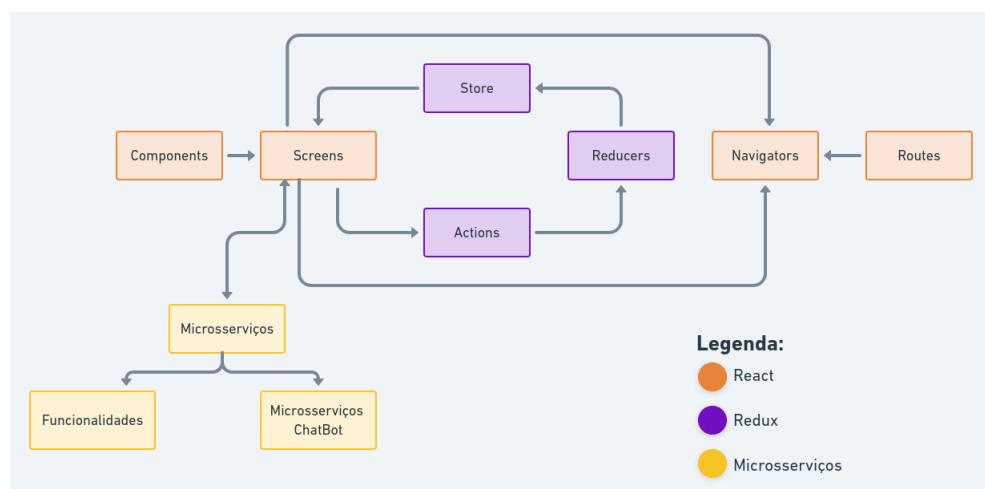


Figura 52 – Diagrama React/Redux/Microsserviços. Fonte: Autores

7.7.3.1.1 API

A arquitetura da API será composta pelo padrão estrutural Model View Controller (MVC) utilizando o modelo de integração Cliente-Servidor. O servidor será implementado em Python com o suporte do *framework* ([DJANGO, 2020](#)). O sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL será utilizado para a persistência e manutenção dos dados.

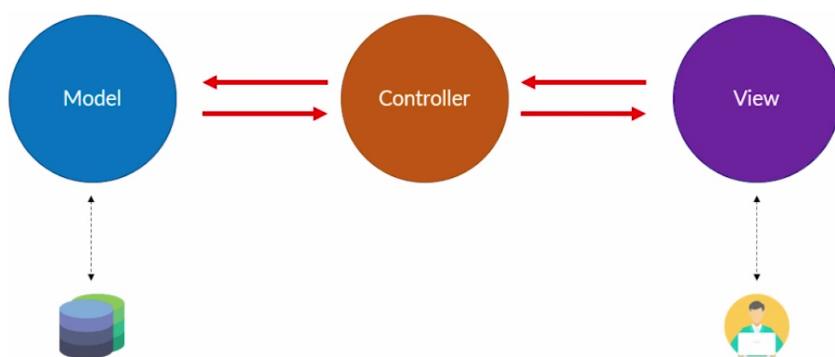


Figura 53 – Diagrama de API. Fonte: MVC

O framework Django possui um Mapeamento Objeto-Pelacional[Object-Relational Mapping](ORM) compatível com o banco PostgreSQL. Por isso, a implementação da base e as consultas são facilitadas. O Diagrama Entidade Relacionamento mostra em alto nível a implementação do banco.

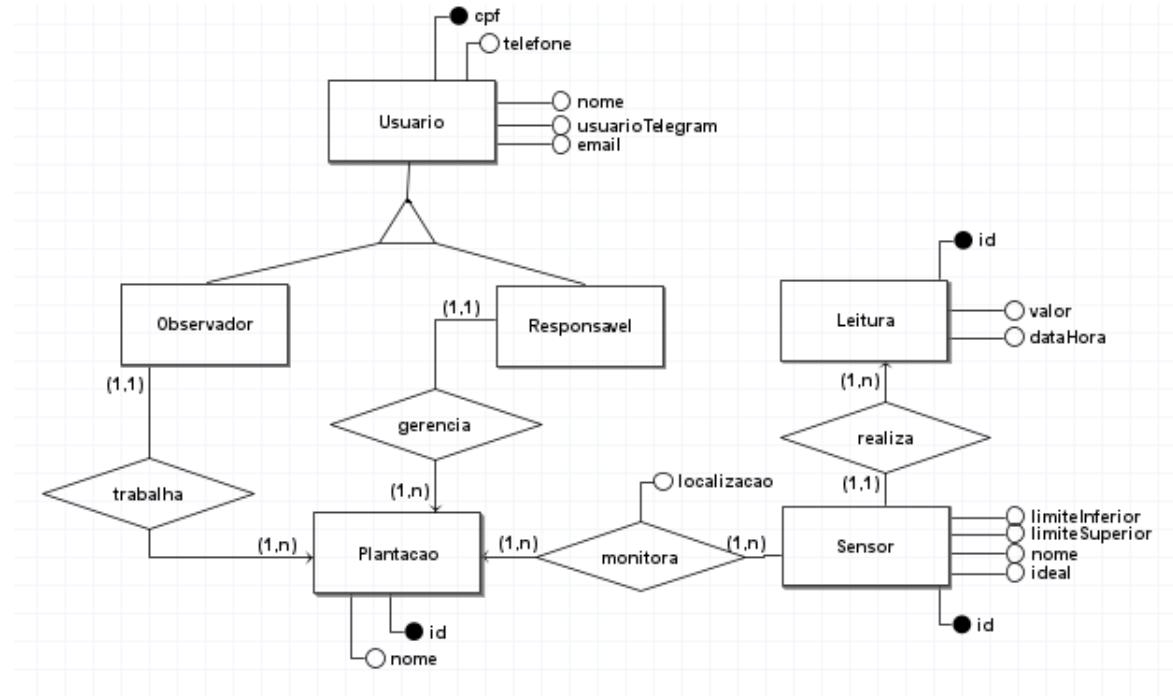


Figura 54 – Diagrama Entidade Relacionamento. Fonte: Autores

7.7.3.1.2 Cliente

A interface da plataforma *web* será implementada em JavaScript utilizando a biblioteca ([REACT, 2020](#)). com a arquitetura Flux através da biblioteca ([REDUX, 2020](#)). O ReactJS utiliza arquitetura baseada em componentes. Cada componente possui sua própria tela e estado. Utilizaremos a versão mais recente do React, com suporte à ECMAScript 6, componentes funcionais (sem o uso de classes) e React Hooks, que é uma forma de manter o estado do componente em uma escrita funcional.

O Redux é uma alternativa para o gerenciamento de estado no React. Ele cria um estado de contexto global, que pode ser acessado por todos os componentes do projeto. Para isso ele utiliza Actions e Reducers. Actions são ação que indica o que o Redux deve fazer. Nesse momento, a aplicação pode ser levada a executar uma requisição ou despachar um reducer, que mudará o estado global e atualizará todas as telas consumidoras desse estado. Tudo isso está representado na FIGURA 2.

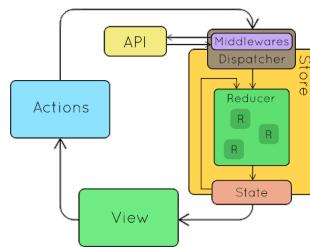


Figura 55 – Funcionamento do React com Redux. Fonte: MVC

7.7.3.1.3 Chatbot

Com o objetivo de facilitar e agilizar o acesso aos dados coletados pelos sensores, este projeto compreende a implementação de um chatbot que utiliza como interface o mensageiro Telegram. Chatbots são ferramentas de inteligência artificial criadas para simular conversas entre humanos. Apesar de a plataforma web oferecer uma interface completa e bem informativa sobre os dados enviados pelos sensores no campo, o chatbot oferece uma forma alternativa para acesso aos dados sem a necessidade de interpretação de dados ou verificação de gráficos.

Enquanto a plataforma web é o meio principal para análises mais aprofundadas mirando nos agrônomos ou pessoas com conhecimento técnico que acompanham algum ambiente de plantação, o chatbot serve como um aliado para acompanhamento no dia a dia do agricultor e que fornece apenas as informações solicitadas e notifica o que é de maior emergência. O fato de a comunicação ocorrer via chat torna a coleta de informações no dia a dia mais agradável e ágil.

As principais ferramentas utilizadas na implementação são: o Telegram para servir de interface de comunicação; a biblioteca Rasa para treino e processamento de linguagem natural; e a linguagem Python para configuração das ações mais elaboradas. A visão geral é mostrada na imagem abaixo.

O Rasa é composto pelos seguintes módulos:

- **NLU:** Responsável por treinar os exemplos fornecidos pelos desenvolvedores e identificar os *Intents* nas mensagens de usuário, os quais representam a classificação ou categoria de uma mensagem ou pergunta;
- **Tracker:** Recebe os *Intents* identificados pelo NLU e armazena o histórico de conversa, fornecendo-o para o Core, o qual retorna as respostas dadas para o Tracker armazenar;
- **Core:** Consulta o Histórico e as Ações para decidir qual resposta enviar.

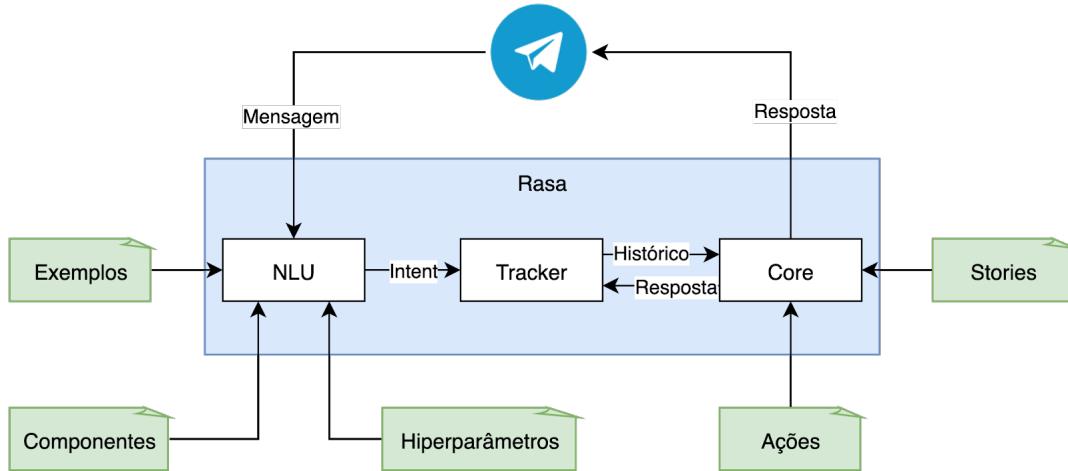


Figura 56 – Chatbot. Fonte: Autores

O Rasa funciona a partir do recebimento de uma série de dados indicados em verde e que são desenvolvidos pela equipe, como:

- **Exemplos:** São frases que identificam e caracterizam cada Intent. Um Intent é composto por vários exemplos, os quais tratam de um mesmo assunto, mudando apenas as palavras utilizadas. Os exemplos são criados com base naquilo que o chatbot espera receber dos usuários;
- **Componentes:** Os componentes podem ser os padrões da biblioteca Rasa ou customizados. A ordem e seleção deles interfere diretamente na qualidade de compreensão do chatbot e por isso os desenvolvedores devem rodar testes de validação para encontrar a melhor combinação e seus hiperparâmetros;
- **Hiperparâmetros:** São utilizados pelos componentes para a configuração dos algoritmos de compreensão;
- **Ações:** Funções Python que executam processos mais complexos e também realizam consultas em serviços externos, como API's, Bases de Dados, entre outros.

7.7.3.1.4 Mock estação A2P2

Com a finalidade de simular o comportamento de forma fidedigna das transmissões de dados do módulo GSM(IoT), este projeto contempla um mock que simula as requisições das estações A2P2 que obtêm dados do solo e ambiente obtido pelos sensores.

A interface do mock é realizada através do padrão REST (Representational State Transfer) e utilizamos o [json-server](#) como ferramenta de *mocking*. O seguinte Schema foi definido para tramitação de dados:

```
{
  "id": "number",
  "farmer": {
    "username": "string",
    "email": "string",
    "fullName": "string",
    "telegram": "string"
  },
  "requestDetails": {
    "stationIndex": "number",
    "latitude": "number",
    "longitude": "number",
    "dateTime": "string"
  },
  "soil": {
    "pH": "number",
    "soilMoisture": "number"
  },
  "environment": {
    "temperature": "number",
    "airHumidity": "number",
    "atmosphericPressure": "number",
    "windSpeed": "number",
    "pluviometricIndex": "number"
  }
}
```

Figura 57 – Schema. Fonte: Autores

7.7.3.1.5 Ferramentas Auxiliares

- **Docker:** Para fins de desenvolvimento, utilizaremos o Docker, uma ferramenta para gerar um ambiente isolado e construído especificamente para a equipe de desenvolvedores na qual facilita a padronização do ambiente de desenvolvimento.
- **ESLint:** Para assegurar a padronização do código a ser entregue será utilizado o ESLint, uma ferramenta de lint plugável para Javascript e JSX, que analisará o código fonte para notificar erros de estilização estabelecido na folha de estilo do projeto.
- **Pep8:** Pelas mesmas motivações do ESLint, utilizaremos o Pep8 para analisar o código fonte em python.
- **Prettier:** Um *code formatter* de código aberto, que tem por finalidade "forçar" um padrão de código. Ele realiza isso analisando o código fonte e alterando-o de acordo com regras pré-definidas, comumente configurado em editores de texto e o código é alterado automaticamente ao salvar o arquivo.
- **Git:** Ferramenta de versionamento que será utilizada concomitantemente ao GitHub para persistir o código na nuvem no decorrer do projeto e auxiliar na colaboração do desenvolvimento.

7.7.3.2 Visão de Implementação

7.7.3.2.1 Diagrama de Pacotes

- **Frontend**

A arquitetura da camada de apresentação da aplicação Web será baseada em componentes. Componentes podem representar uma página inteira da aplicação tanto quanto um elemento visual simples e compartilhado, como um botão.

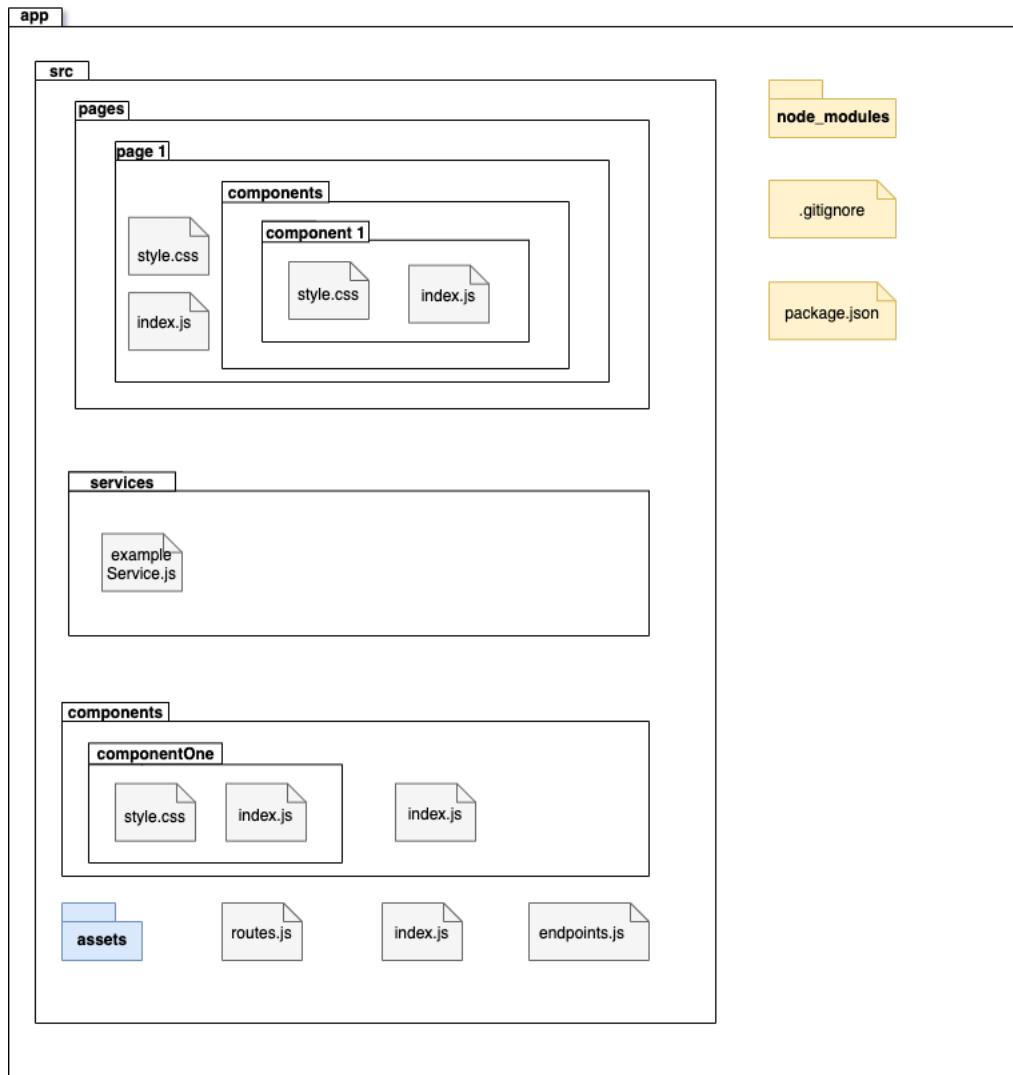


Figura 58 – Diagrama de Pacotes *Frontend*. Fonte: Autores

Os componentes que preenchem a tela completamente ou toda a seção principal do aplicativo utilizam a nomenclatura de *page*. Uma *page* pode ou não conter outros componentes menores. Caso um componente seja utilizado apenas dentro de única *page* ele ficará alocado dentro de uma pasta chamada *components* interna a ela. Porém, se um componente possua a tendência de ser utilizado por mais de uma página ele deverá ser salvo dentro da pasta *src/components*.

A pasta *services* conterá os arquivos responsáveis pelas funções que consomem serviços da API. Essas funções utilizarão as rotas descritas dentro do arquivo *endpoints.js* para fazer a conexão cliente-servidor.

O arquivo “*routes.js*” possuirá o código responsável pelo gerenciamento de rotas da aplicação.

As imagens, ícones, arquivos de fontes e qualquer outros arquivos estáticos serão mantidos dentro da pasta *assets*, na raíz do projeto.

- Backend



Figura 59 – Diagrama de Pacotes *Backend*. Fonte: Autores

Conforme explicado anteriormente, a arquitetura do *backend* utiliza o padrão *MVC*, sendo que a camada de visualização será o projeto desenvolvido em *ReactJS*.

As *models* estarão localizadas no arquivo *models*, que serão representadas por classes dentro do *framework*.

O conteúdo do arquivo *serializers* é responsável por formatar e validar tanto os dados de saída como os dados de entrada por métodos *http*.

As *views* são responsáveis por montar as respostas das requisições. Essas respostas geralmente utilizarão os objetos nos formatos das suas respectivas *models* para enviar dados para o cliente (*frontend*), quando assim for solicitado. O conteúdo deste arquivo representa a camada de *controller* do *MVC*.

Os *endpoints* serão definidos no arquivo *urls* e serão responsáveis por mapear qual *view* deverá ser chamada quando a requisição for feita - isso será identificado através da URL (*Uniform Resource Locator*) utilizada.

7.7.4 Requisitos não-funcionais

7.7.4.1 Diagramas NFR

- **Confiabilidade** O sistema deve ser testado para garantir que as informações passadas para os usuários estejam corretas garantindo 100% das vezes que o dado visto pelo usuário será o mesmo transmitido pelos sensores de análise associados ao usuário.

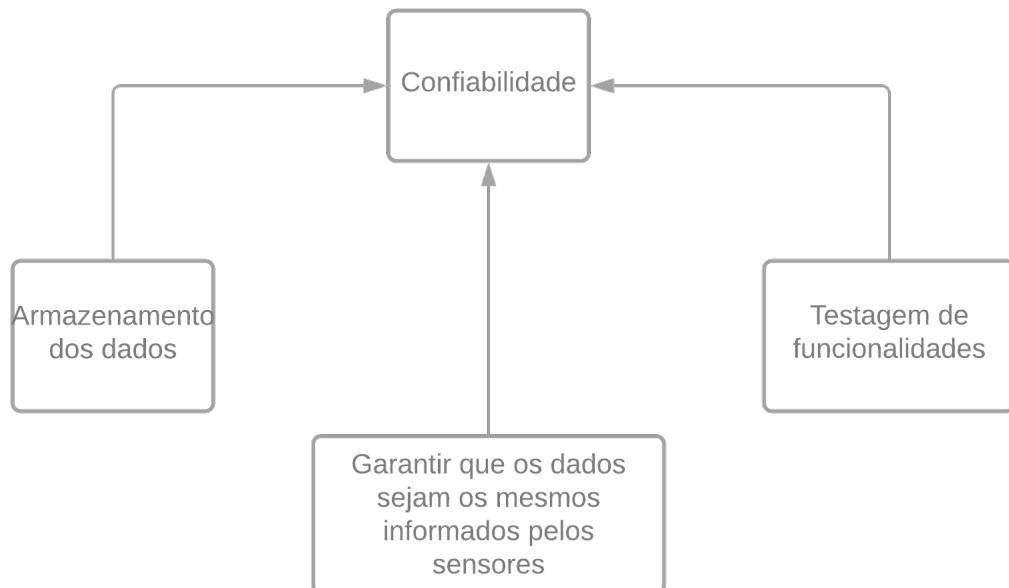


Figura 60 – NFR de confiabilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira

- **Disponibilidade** O sistema deve estar disponível para acesso dos usuários por 24/7, ou seja, 24 horas os 7 dias da semana, considerando uma margem de 1% do tempo total do mês o sistema estar fora do ar por questões do servidor de hospedagem.

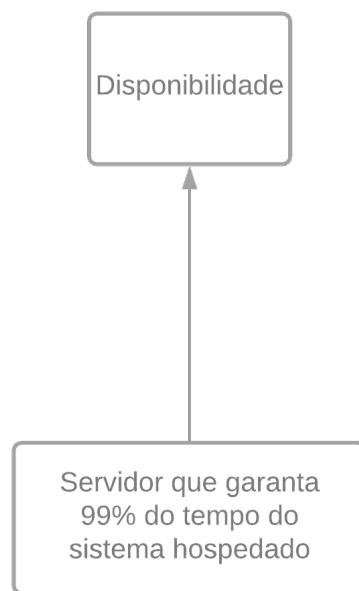


Figura 61 – NFR de disponibilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira

- **Interoperabilidade** O sistema funcionará se comunicando sem problemas com os sensores de análise do usuário por meio de comunicação via internet, tendo o *dashboard* presente no sistema como sendo a interface do usuário do que está sendo comunicado do equipamentos com o sistema

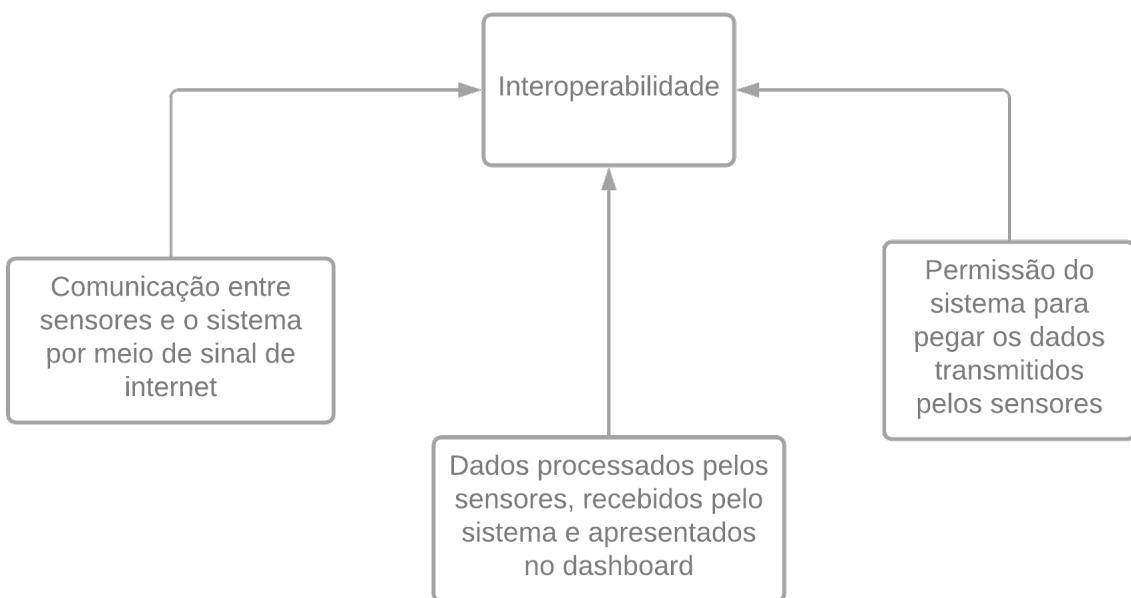


Figura 62 – NFR de interoperabilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira

- **Performance** O tempo de resposta do sistema para uma transição deve ser feito sem muita demora, tempo menor do que 5 segundos para as transições, e como se dá o acesso aos dados a serem utilizados pelo sistema. O tempo de resposta pode variar mais do que 5 segundos caso a internet do usuário esteja lenta.

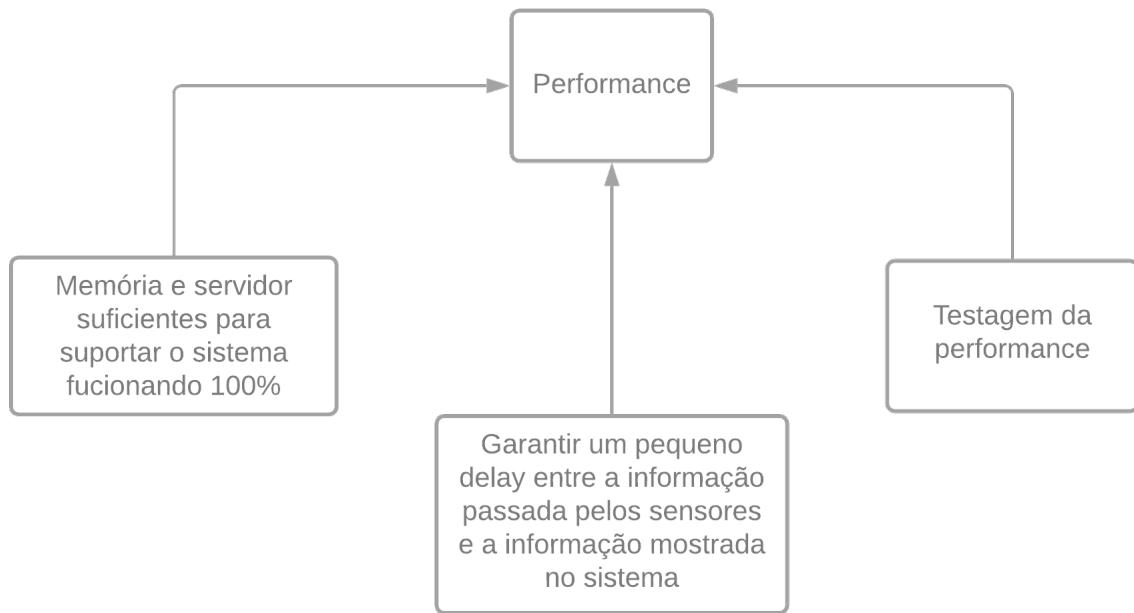


Figura 63 – NFR de performance. Fonte: Cauê Mateus Oliveira

- **Privacidade** O sistema preservará informações dos usuários somente para os próprios usuários. As informações de cunho pessoal não poderão ser acessadas por nenhum outro usuário a não ser pelo usuário *master* do sistema que só poderá ter acesso a esses dados em caso de necessidade extrema.

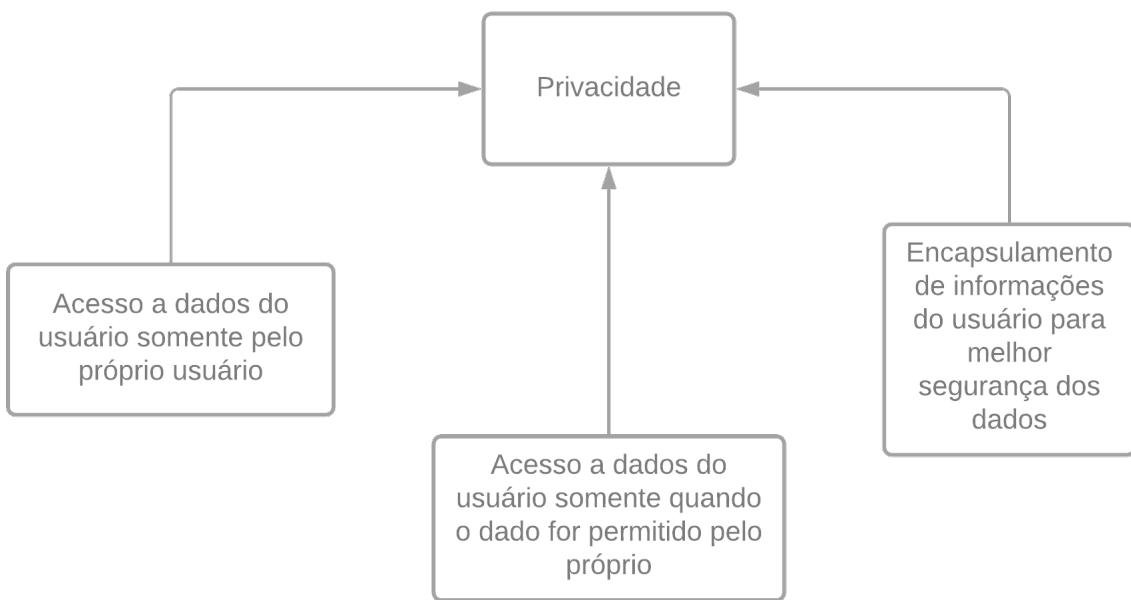


Figura 64 – NFR de privacidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira

- **Segurança** O sistema deve ser seguro o suficiente para que os usuários não adquiram informações equivocadas de seus sensores de análise ou então informações de outros usuários.

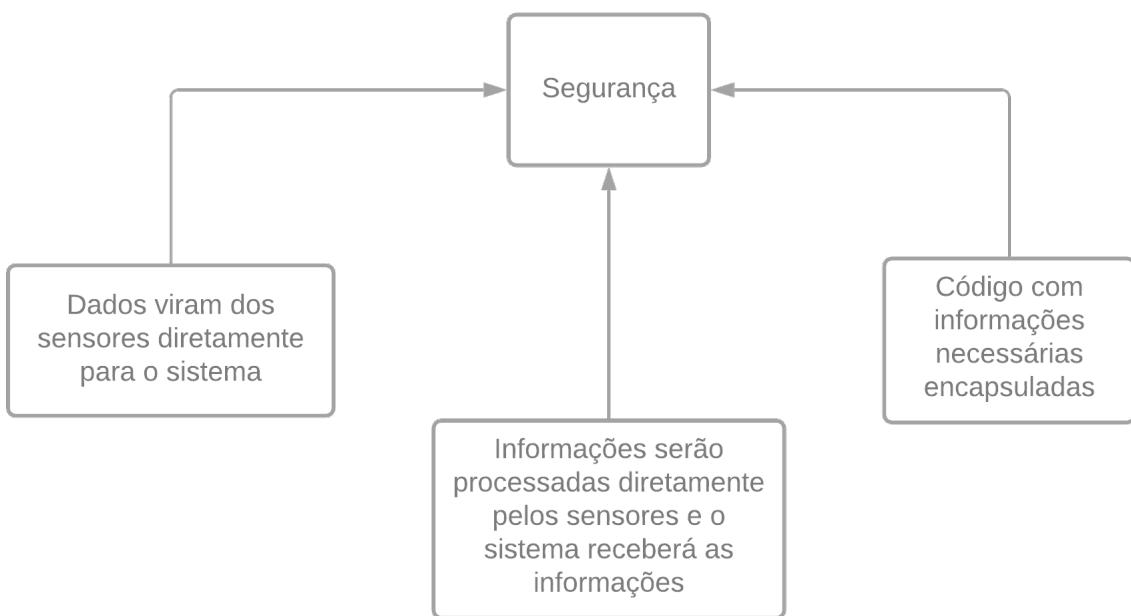


Figura 65 – NFR de segurança. Fonte: Cauê Mateus Oliveira

- **Usabilidade** O sistema deve ser intuitivo e adaptado para que os usuários possam utilizá-lo da melhor forma possível, tendo uma experiência fácil e agradável.

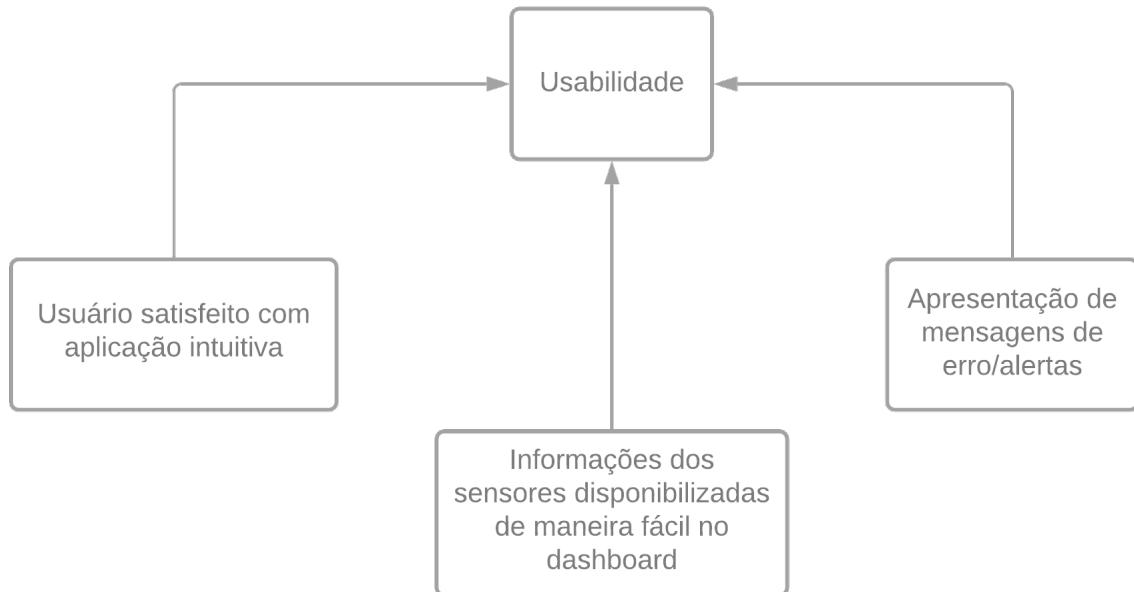


Figura 66 – NFR de usabilidade. Fonte: Cauê Mateus Oliveira

7.7.5 Protótipo

O protótipo de alta fidelidade deverá ser a base para o desenvolvimento do *frontend* da aplicação. Ele é desenvolvido com o objetivo de facilitar a implementação e diminuir os riscos de refatoração do produto por problemas no planejamento das telas. A interface foi planejada considerando a necessidade de mostrar uma grande quantidade de informações e gráficos para o usuário. O protótipo pode ser acessado diretamente [clicando aqui](#).

7.7.5.1 Tela de Login

A tela de login será a primeira tela que o usuário irá ter acesso, nela o usuário irá inserir seu CPF e senha para ingressar na plataforma. Também é possível acessar a funcionalidade de recuperar senha através dela.

7.7.5.2 Tela de Cadastro

A tela de cadastro de dados pessoais será a primeira tela do *Onboarding* para o proprietário e funcionários. Esse fluxo será acionado no primeiro acesso do usuário.



Figura 67 – Tela Login. Fonte: Autores

Nela ele irá inserir todos os dados pessoais, além da nova senha que substituirá a senha provisória recebida por e-mail.

7.7.5.3 Tela de Parâmetros

Na segunda e última tela do fluxo de primeiro acesso, o usuário deverá inserir os parâmetros desejados para o solo. A partir desses dados o usuário receberá alertas de índices não desejados.

7.7.5.4 Tela *Dashboard*

A tela de *Dashboard* é responsável por mostrar todas as informações básicas relacionadas às características do solo e ambiente de cada estação relacionada ao usuário. Nela, o proprietário e seus funcionários poderão visualizar os últimos registros de todos os parâmetros e suas alterações em relação às últimas horas.

7.7.5.5 Tela de Exportação de Relatórios

Na tela de Relatórios é possível selecionar vários campos de acordo com a necessidade do usuário e gerar um relatório em PDF com os dados escolhidos.

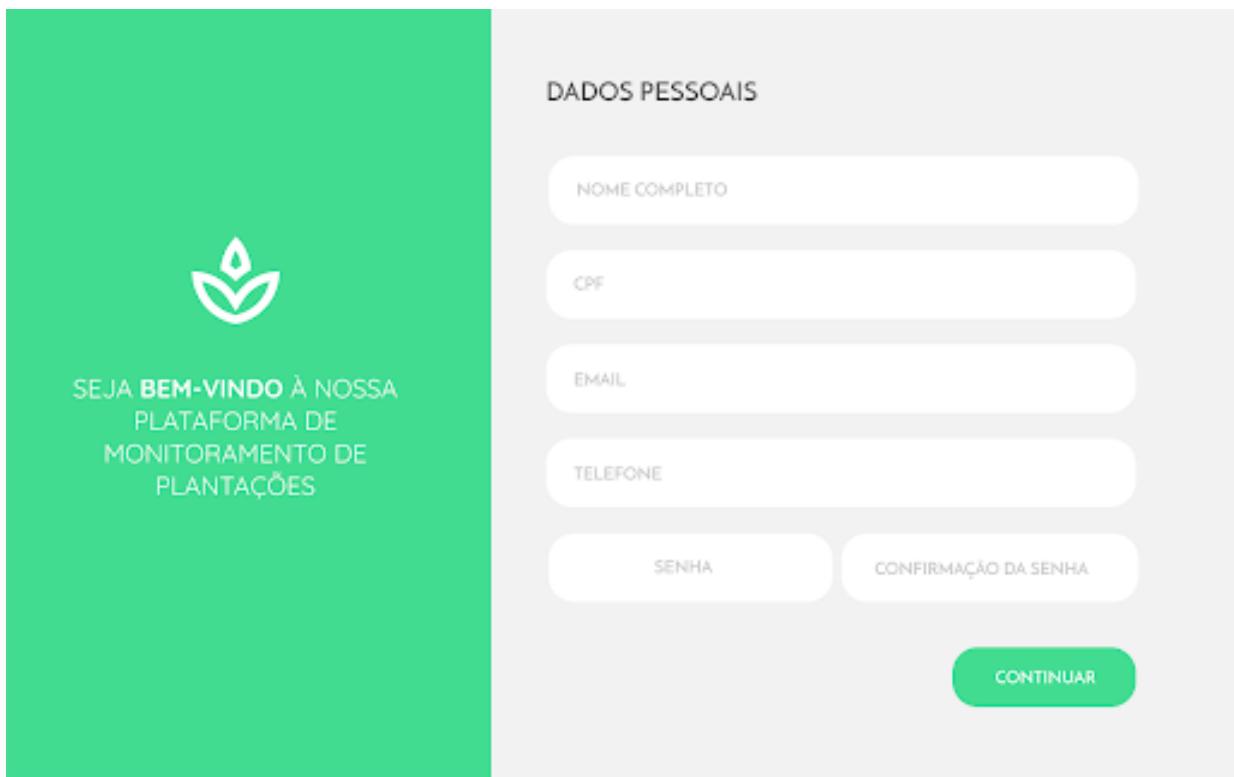


Figura 68 – Tela Cadastro. Fonte: Autores

7.7.5.6 Tela de Perfil

A tela de perfil será diferente para usuários administradores e funcionários. Para funcionários, só será mostrado seu próprio perfil, já para administradores será possível visualizar tanto seu próprio perfil quanto os dos funcionários relacionados à sua plantação.

7.7.5.7 Tela de Editar Perfil

Nessa tela o usuário poderá editar todos os campos de seu perfil, exceto CPF.

7.7.5.8 Tela de Gerenciar Funcionários

O usuário administrador também terá a opção de vincular contas de funcionários à plantação. A partir dessa adição, o funcionário receberá uma senha provisória em seu e-mail e fará o fluxo de primeiro login.

7.7.5.9 Tela de Gerenciar Parâmetros

Após o primeiro login, o usuário poderá alterar suas preferências de parâmetros nessa aba.



Figura 69 – Tela de Parâmetros do solo. Fonte: Autores



Figura 70 – Tela Dashboard. Fonte: Autores

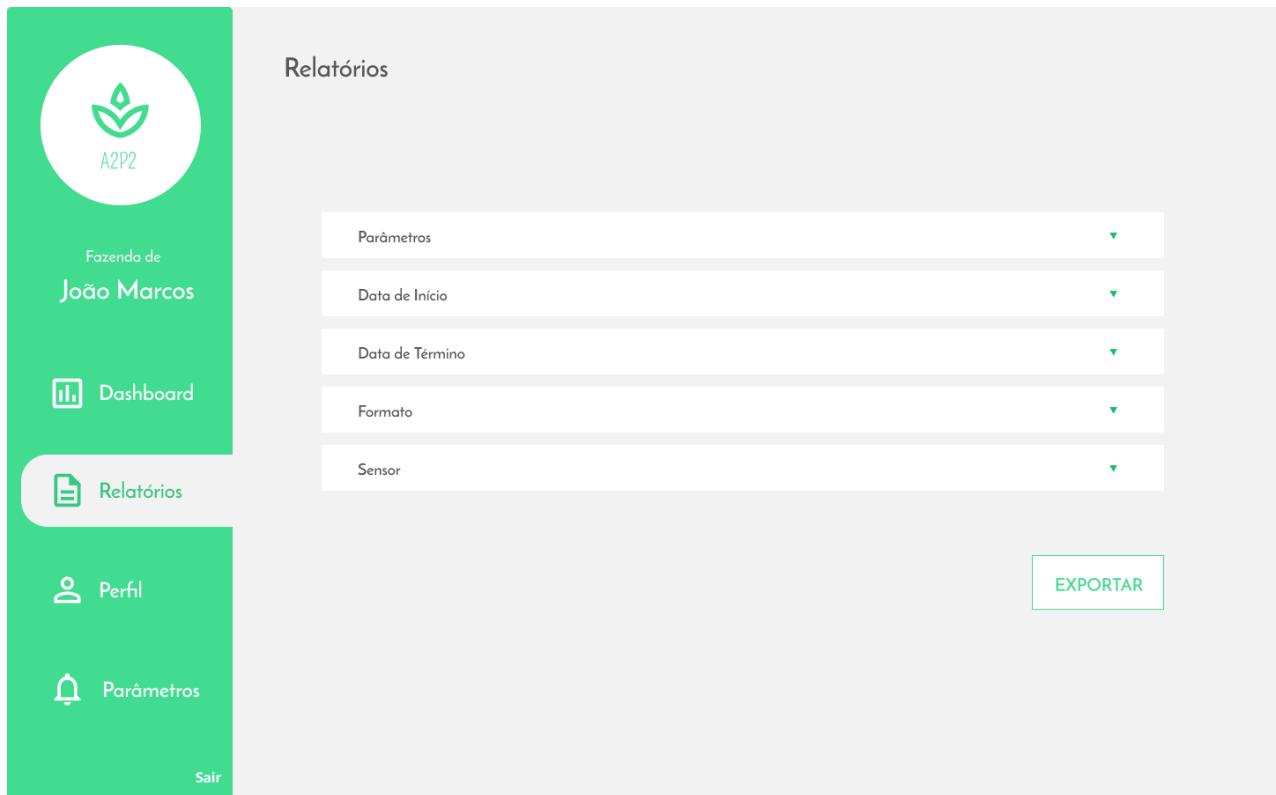


Figura 71 – Tela de Exportação de Relatórios. Fonte: Autores

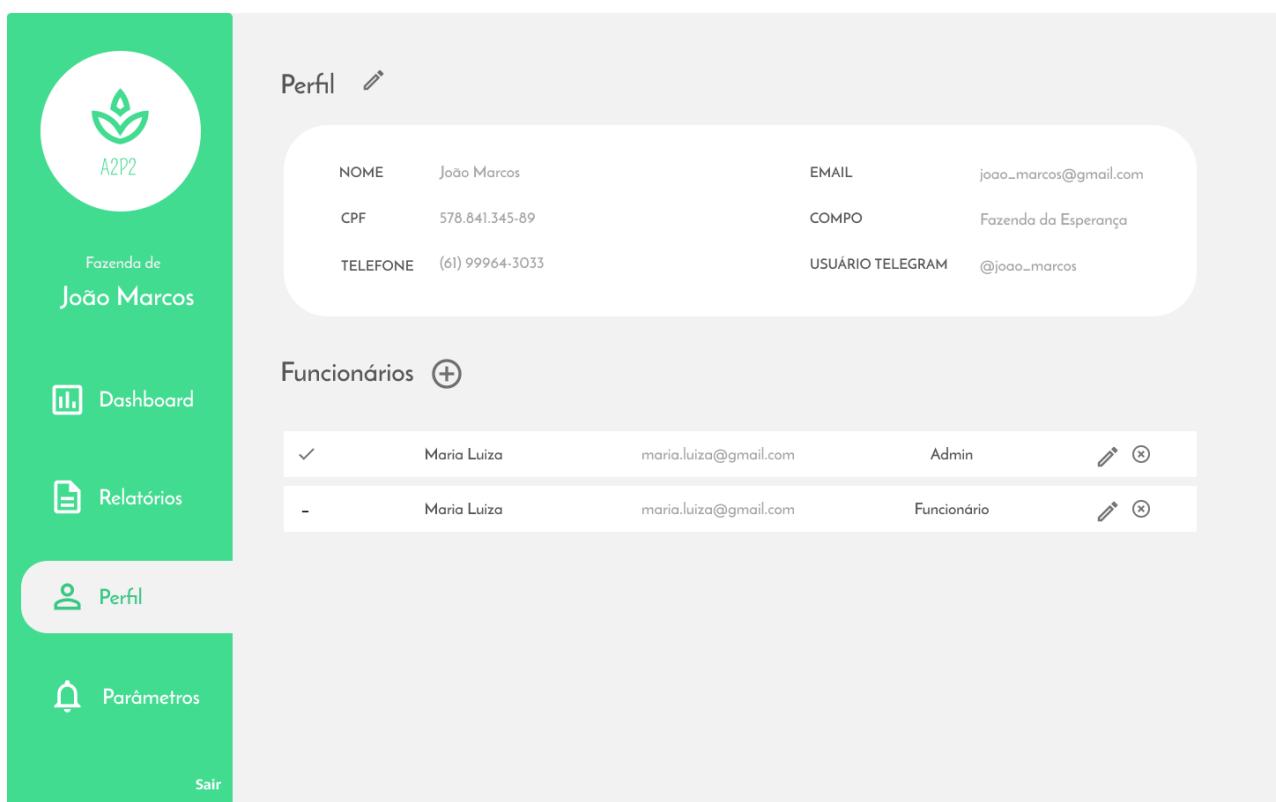


Figura 72 – Tela de Perfil. Fonte: Autores

EDITAR DADOS PESSOAIS

CPF

O CPF de um usuário não pode ser alterado. Entre em contato com um administrador em caso de problemas

NOME

EMAIL

TELEFONE

CANCELAR SALVAR ALTERAÇÕES



Figura 73 – Tela de Editar Perfil. Fonte: Autores

ADICIONAR FUNCIONÁRIO

CPF

NOME

EMAIL

TELEFONE

CANCELAR SALVAR ALTERAÇÕES



Figura 74 – Tela de adicionar funcionário. Fonte: Autores

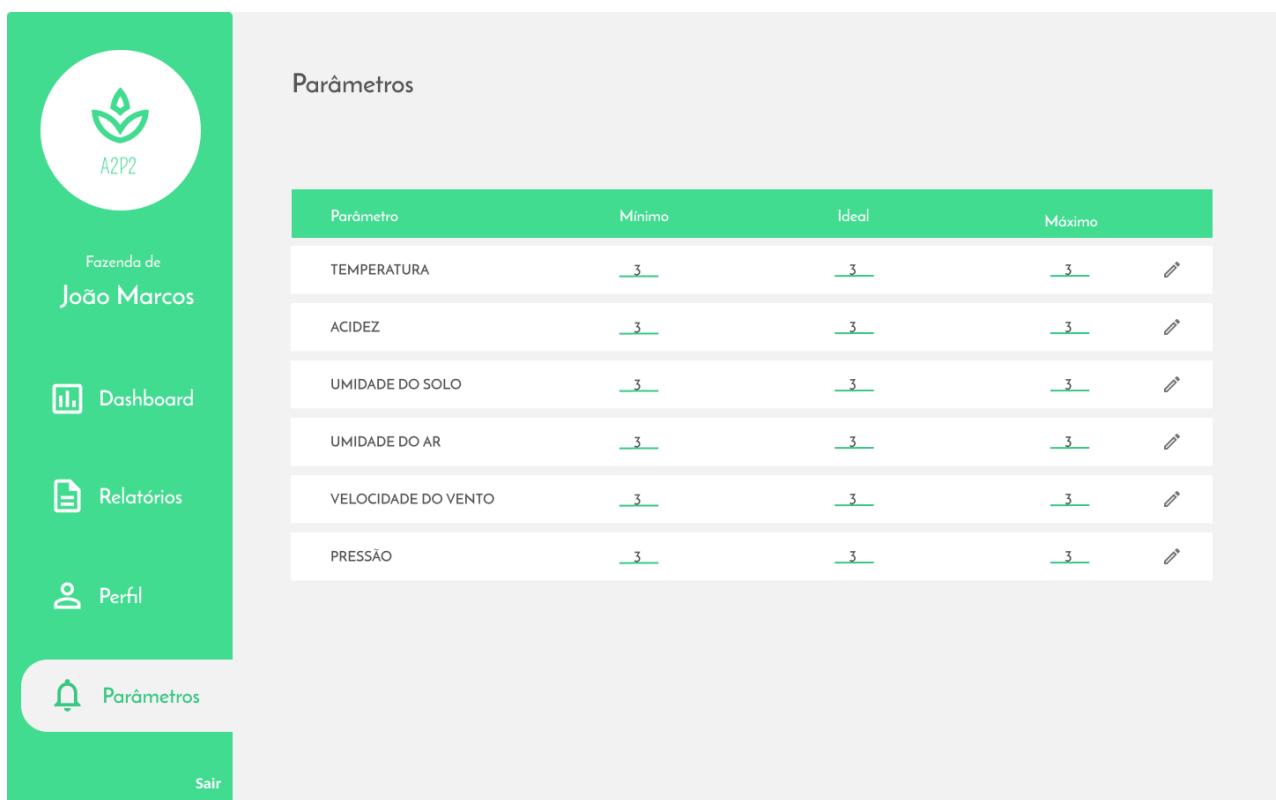


Figura 75 – Tela de gerenciar parâmetros. Fonte: Autores

Referências

- AGROBLOG. Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3cjPWfS>>. Citado na página 14.
- ALIGUER. Sensores na agricultura de precisão: como eles estão criando um campo mais conectado? 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3ci4ooN>>. Citado na página 13.
- ALVARENGA, C. A. Como dimensionar um gerador fotovoltaico com baterias. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/q4Bx2>>. Citado 2 vezes nas páginas 46 e 51.
- AMERICANAS. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2FEo7mK>>. Acesso em: 18 out. 2020. Citado 3 vezes nas páginas 1, 37 e 38.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6123*: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de janeiro, 1988. Citado na página 66.
- BANU, S. Precision agriculture: Tomorrow's technology for today's farmer. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3hMpE7h>>. Citado na página 11.
- BROOK, A. A smart multiple spatial and temporal resolution system to support precision agriculture from satellite images: Proof of concept on aglianico vineyard. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2EoBW0U>>. Citado na página 11.
- CHITOLINA, J. C. e. a. *Amostragem de solo para análises de fertilidade de manejo e de contaminação*. [s.n.], 2009. Disponível em: <<https://bityli.com/OGgaq>>. Citado 2 vezes nas páginas 65 e 66.
- CLIMATOLOGISTS, A. A. of S. *The State Climatologist: Heights and exposure standards for sensors on automated weather stations*. [s.n.], 1985. Disponível em: <<https://bityli.com/FdfK8>>. Citado 2 vezes nas páginas 64 e 66.
- CRESESB. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. [s.n.], 2014. Disponível em: <<https://bityli.com/6lhnM>>. Citado 5 vezes nas páginas 46, 50, 55, 57 e 61.
- CRESESB. Potencial solar - sundata v 3.0. 2020. Disponível em: <<https://diz.ae/7322J>>. Citado na página 49.
- CURTOCIRCUITO. *Imagen do conversor cc-cc step-down*. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/hykuv>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 54.
- DIAS, P. R. V. *Preços de Serviços de Engenharia e Arquitetura Consultiva*. [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://bityli.com/nkxfx>>. Citado na página 21.
- DJANGO. Framework para desenvolvimento web utilizando python. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2IeDEdT>>. Citado na página 77.
- ELETRICA, O. *Imagen do porta fusível*. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/NtqQy>>. Acesso em: 12 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 58.

- ELETRODEX. *Imagen da chave geral*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/iHIL0>>. Acesso em: 12 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 58.
- ELETROGATE. *Imagen do conversor cc-cc step-UP*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/Ol1gA>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 55.
- ELETROGATE. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/JvVbs>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 36.
- ELIAS, A. A. de A. et al. Ardweather: Uma estação meteorológica baseada no arduino e em web services restful. In: *Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 14, p. 44–48. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 39.
- EMBRAPA. Alimentos para o mundo. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3kzjI3f>>. Citado na página 10.
- EPAGRI. *Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação*. [s.n.], 2012. Disponível em: <<https://bitlyli.com/7nqYA>>. Citado na página 64.
- ESTADAO. Oms declara pandemia de novo coronavírus; mais de 118 mil casos foram registrados. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3mDCCId>>. Citado na página 10.
- FILIPEFLOP. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/stlmd>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 40.
- FILIZOLA, H. F. e. a. *Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos*. [s.n.], 2006. Disponível em: <<https://bitlyli.com/zoRTV>>. Citado na página 66.
- FLOWSENSE. Gps e sua origem: Saiba mais sobre essa tecnologia. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/32MJqLw>>. Citado na página 11.
- FOGAÇA, J. Ph do solo. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2FLEvC1>>. Citado na página 13.
- GEOAGRI. Novas tecnologias para monitorar a umidade do solo. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3kCO5Wq>>. Citado na página 14.
- GOMES, M. R. Agricultura familiar no brasil: perspectivas conceituais e estatísticas. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3my5vFL>>. Citado na página 10.
- HIDROSENSE. Qual a importância de controlar o ph da solução do solo. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3ktlkvo>>. Citado na página 14.
- IBGE. Ibge prevê novo recorde na safra em 2020. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3iRJBe8>>. Citado na página 10.
- LANA, R. M. Emergência do novo coronavírus (sars-cov-2) e o papel de uma vigilância nacional em saúde oportuna e efetiva. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3j1WOBv>>. Citado na página 10.

- MERCADOLIVRE. *Imagen do controlador de carga da estação do solo*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/kl3nr>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 53.
- METOSBRASIL. Entenda a importância da agricultura inteligente e saiba mais sobre o monitoramento de riscos de doenças. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3iOzyXp>>. Citado na página 14.
- MIRANDA, A. C. C. Agricultura de precisão: Um mapeamento da base da cielo. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3mAoHTc>>. Citado na página 11.
- NICOLA, M. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (covid-19): A review. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/33JkofL>>. Citado na página 10.
- NICOLODI, M. e. a. *Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto*. [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://bitlyli.com/G6Or4>>. Citado na página 66.
- OLIVEIRA-JR, A. et al. IoT sensing platform for e-agriculture in africa. In: IEEE. *2020 IST-Africa Conference (IST-Africa)*. [S.l.], 2020. p. 1–8. Citado na página 38.
- ONU. Fome aumenta no mundo e atinge 820 milhões de pessoas, diz relatório da onu. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2RG5O34>>. Citado na página 10.
- ORGANIZATION, W. M. *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. [s.n.], 2008. Disponível em: <<https://bitlyli.com/lz0y3>>. Citado 3 vezes nas páginas 64, 65 e 66.
- PATHANIA, A. Reducing power consumption of weather stations for landslide monitoring. 2019. Disponível em: <<https://bitlyli.com/pahpI>>. Citado na página 47.
- PORTALSOLAR. *Energia Solar-12V ou 24V?* 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/xQlKC>>. Acesso em: 8 set. 2020. Citado na página 51.
- REACT. Uma biblioteca javascript para criar interfaces de usuário. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3nCb32i>>. Citado na página 78.
- REDUX. Biblioteca para gerenciamento de estado no react. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2GTZcvS>>. Citado na página 78.
- REISBATERIAS. *Imagen da bateria da estação meteorológica*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/C1HQW>>. Acesso em: 1 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 52.
- ROSOLEM, C. A. e. a. *Amostragem de terra para fins de fertilidade em função da ferramenta de amostragem*. [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://bitlyli.com/orYYu>>. Citado na página 66.
- RUARO, L.; NETO, V. d. C. L.; MOTTA, A. C. V. Efeito do ph do solo em diferentes níveis de concentração de inóculo no controle de plasmodiophora brassicae. *Summa Phytopathologica*, SciELO Brasil, v. 36, n. 1, p. 16–20, 2010. Citado na página 37.
- SCHMIDT, L. da R.; FREITAS, F. A. L. M.; MALDANER, S. Meteorological monitoring systems employing arduino platform. *Ciência e Natura*, v. 42, p. 36, 2020. Citado na página 39.

- SICHONANY, O. R. d. A. O. et al. Telemetria na transmissão de dados de desempenho de máquinas agrícolas utilizando tecnologias gsm/gprs e zigbee. *Ciência Rural*, SciELO Brasil, v. 42, n. 8, p. 1430–1433, 2012. Citado na página 40.
- STARTAGRO. Agricultura de precisão: O que é, para que serve e quais os seus benefícios. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZWM8fE>>. Citado na página 13.
- SUNHOME. *Imagen do controlador de carga da estação meteorológica*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/CwvMz>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 53.
- SYSTEM, E. O. O controle de umidade do solo é um componente essencial da agricultura. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/35PP7KR>>. Citado na página 14.
- TREASY. Matriz swot ou matriz fofa: utilizando a análise swot para conhecer as cartas do jogo e aumentar as chances de vitória de sua empresa! 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3hMpE7h>>. Citado na página 22.
- TUCCI, C. E. M. O. *Hidrologia: ciência e aplicação*. [s.n.], 2004. Disponível em: <<https://bitlyli.com/lkJaj>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 65.
- UNIFORM BUILDING CODE. *UBC*: International conference of building officials. Califórnia, 1997. Citado na página 66.
- UNIPOWER. *Imagen da bateria da estação do solo*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/ienD9>>. Acesso em: 8 set. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 51.
- UOL. Governo da frança dis que se opoe a acordo entre ue e mercosul. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2RHJM7B>>. Citado na página 10.
- USINAINFO. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/pKJ8k>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 4 vezes nas páginas 1, 35, 39 e 40.
- VASCONCELLOS, C. A. *Análise de solo: entendimento e interpretação*. [s.n.], 1986. Disponível em: <<https://bitlyli.com/u40Wg>>. Citado na página 66.
- ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. *Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações*. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 68.

Apêndices

APÊNDICE A – Estrutura Analítica

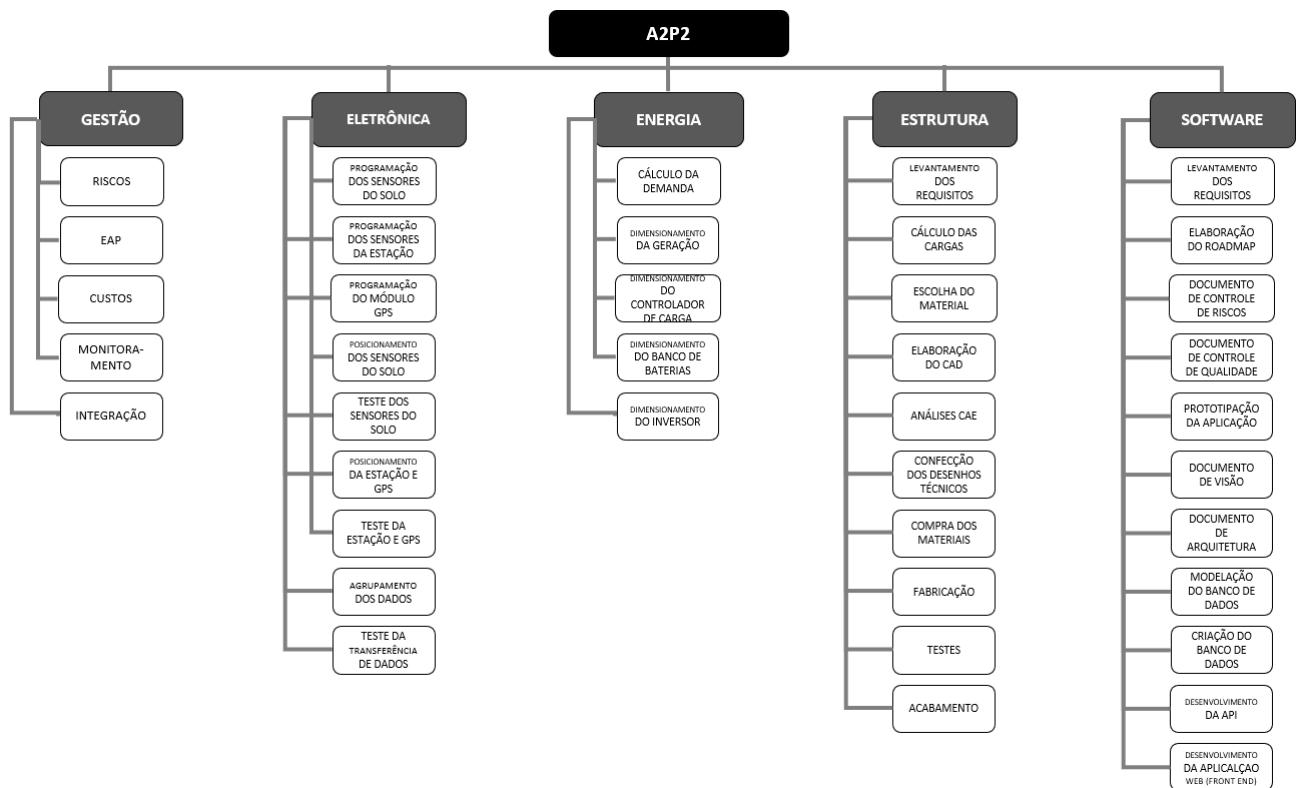


Figura 76 – Estrutura Analítica do Projeto. Fonte: Autores

APÊNDICE B – Planilhas de custos individuais

Na [subseção 4.4.1](#) é apresentado o levantamento de custos para a montagem de uma estação solo e de uma estação clima-solo. Nas planilhas abaixo encontram-se os valores de orçamento individuais para cada uma destas estações.

Tabela 21 – Levantamento de Custos - Estação Solo

Ítem	Quantidade	Preço (Reais)	Total
Sensor de pH do solo	1	178,50	178,50
Sensor de Umidade do solo	1	9,90	19,80
Esp 32	1	42,00	42,00
Módulo GSM	1	179,00	179,00
Painel fotovoltaico	1	21,87	43,74
Bateria	1	79,50	79,50
Controlador de carga	1	89,00	89,00
Metalon (30 x 30 x 2) mm	6 m	70,50	70,50
Metalon (60 x 60 x 2) mm	6 m	185,00	185,00
Tinta Anticorrosiva	1	79,60	79,60
Chapa de aço	1 m ²	60,00	60,00
Kit Parafusos e porcas	1	40,00	40,00
Termoretratil isolante	1	9,70	9,70
Total			1076,34

Tabela 22 – Levantamento de Custos - Estação Clima-Solo

Ítem	Quantidade	Preço (Reais)	Total
Sensor de pH do solo	1	178,50	178,50
Sensor de Umidade do solo	1	9,90	9,90
Anemômetro	1	237,03	237,03
Pluviômetro	1	265,53	265,53
Sensor bme280	1	30,99	30,99
Esp 32	2	42,00	42,00
Módulo GSM	1	179,00	179,00
Painel fotovoltaico	1	21,87	43,74
Bateria	1	79,50	79,50
Controlador de carga	1	89,00	89,00
Metalon (30 x 30 x 2) mm	6 m	70,50	70,50
Metalon (60 x 60 x 2) mm	6 m	185,00	185,00
Tinta Anticorrosiva	1	79,60	79,60
Chapa de aço	1 m ²	60,00	60,00
Kit Parafusos e porcas	1	40,00	40,00
Termoretratil isolante	1	9,70	9,70
Total			1599,99

APÊNDICE C – Atas de Reunião

B.1 - ATA DA REUNIÃO DE 06/04

Reunião realizada na plataforma zoom.

Inicio: 20:30

Término: 21:48

Pauta:

- Cada um apresenta os resultados das pesquisas que realizou durante a semana;
- Apresentação: consultoria Victor (Daniel);
- Apresentação: princípio aditivo/módulos independentes; e
- Determinação das atividades da próxima semana.

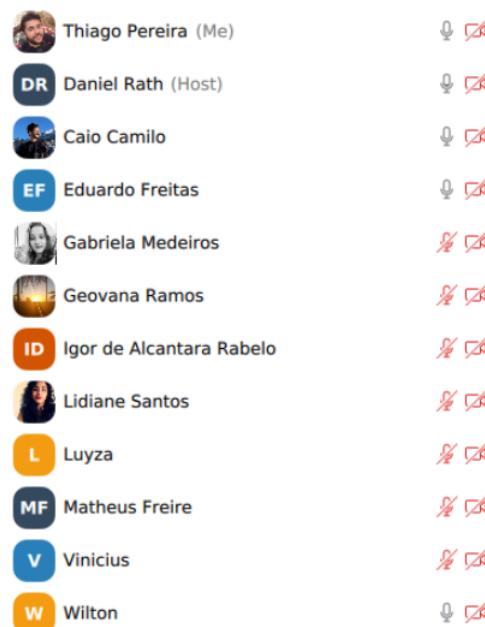


Figura 77 – Presentes na Reunião de 06/04. Fonte: Autores

Presentes na reunião de 06/04:

- Thiago Pereira;

- Daniel Rath;
- Caio Camilo;
- Eduardo Freitas;
- Francisca Raiane;
- Gabriela Medeiros;
- Igor de Alcântara Rabelo;
- Lidiane Santos;
- Luyza;
- Matheus Freire;
- Vinícius;
- Wilton;

1 - Cada um apresenta os resultados das pesquisas que realizou durante a semana. Caio Camilo iniciou a conversa explorando uma visão macro do projeto, Daniel Rath explorou o escopo do projeto em contraste com o artigo. Eduardo teve problemas pessoais e não pode pesquisar essa semana. Gabriela pontuou os benefícios de ser um sistema Web e os artigos já citados. Geovana Ramos considerou Mobile e App a depender da circunstância do semestre. Igor pesquisou sensor de PH e formas de implantação na terra. Lidiane tomou conhecimento da última reunião. Luyza pesquisou placa fotovoltaica, seguidores e motores. Energia p/ abastecimento do seu movimento e da estação. Francisca Raiane fez uma pesquisa geral, e sistema de rastreador e considerou que o custo é caro e ponderou a possibilidade de criar um próprio. Matheus estudou o material da estrutura, e sugeriu o aluminio. Vinicius explorou embarcados e detalhou sobre o projeto Lora. Thiago pesquisou API's de Previsão de Tempo e Raspberry Pi, em especial protocolos de comunicação. Wilton olhou os artigos enviados no e ponto de controle de projetos antigos, sensores e itens prováveis do projeto.

2 - Apresentação: consultoria Victor (Daniel). Daniel contemplou os pontos críticos do projeto utilizando exemplos de projetos de semestre passado.

3 - Apresentação: Princípio aditivo/ módulos independentes.

Ata redigida por Thiago Ribeiro.

B.2 - ATA DA REUNIÃO DE 13/04

Reunião realizada nas plataformas Discord e Zoom

Inicio: 20:31

Término: 21:53

Pauta:

- A compra de alguns dos sensores;
- Cada um apresenta os resultados das pesquisas que realizou durante a semana;
- Gestão/compromisso de horas trabalhadas;
- Divisão/Adiantamento de tarefas PC1;
- Compra de sensores;
- Designação de tarefas: responsável pela comunicação interna;

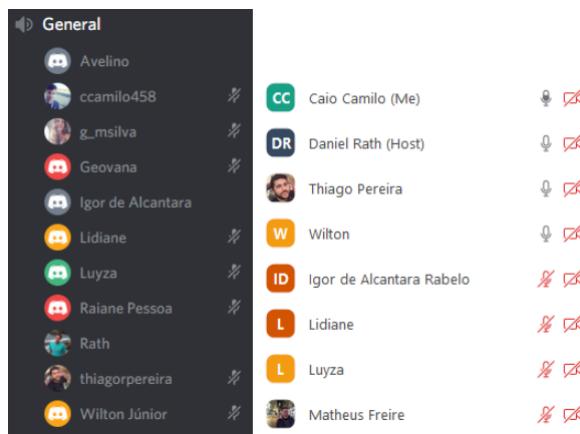


Figura 78 – Presentes na Reunião de 13/04. Fonte Autores

1 - Daniel Rath iniciou a reunião abordando a compra dos sensores que serão utilizados. Eduardo que não pode estar presente, afirma ter conversado com um amigo seu, agrônomo, e segundo ele, deve ser feita a verificação dos níveis de NPK (laboratório). Sensores são inacessíveis. 800,00 reais UM no Alibabá, sem garantia de funcionamento. Sensores caseiros são utilizados por alguns amadores, entretanto, criação de método de medição pode ser fora da realidade.

2 - Caio Camilo apresentou um roteiro de requisitos que podem vir a se tornar gargalos ao decorrer do projeto. Daniel sugeriu a divisão de atividades entre os membros e áreas. Foi dado o veredito sobre a compra dos sensores básicos. Gabriela iniciou relatório

da equipe de software afirmando ter discutido com o pessoal da equipe sobre “estratégias” (?API, Mobile, Software?). Raiane perguntou sobre funcionamento AC ou DC dos sensores.

3 - Foi estipulado o número de horas trabalhadas por semana em casa no período de quarentena, sendo este de 2 horas. Horas destinadas a PI2 após o término do período de quarentena serão discutidas depois.

Mudança de plataforma: 21:24 - migração para o zoom devido a falhas na comunicação.

4 - Definição dos líderes de cada área.

- Software: Thiago;
- Eletrônica: Igor;
- Estrutura: Caio ou Eduardo;
- Energia: Luyza; e
- Supervisão Geral: Daniel Rath.

Estrutura e Software: fazer review das atividades nos projetos anteriores. Elencar para PC1 atividades a serem feitas por todas as áreas.

5 - Compra de sensores. Abordagem do valor a ser depositado. Metodologia a ser utilizada na parte de financeiro. Foi determinado:

- Decidir responsável por tesouraria e cobrança (Eduardo, a confirmar);
- Transferir 25,00 reais para conta do tesoureiro para iniciar as compras;
- Igor: responsável pela primeira lista de compras;

6 - Definir responsável pela comunicação. A decidir. Mensagem enviada no grupo do WhatsApp em busca de um voluntário.

Ata redigida por Caio Camilo.

B.3 - ATA DA REUNIÃO DE 20/04

Reunião realizada na plataforma Zoom

Inicio: 20:30

Término: 21:46

Pauta:

- Comentários acerca dos documentos criados pelas equipes de software e estrutura [a ideia é deles serem disponibilizados antes da reunião para lermos, destinando esse tempo de reunião para apenas dúvidas e esclarecimentos dos tais];
- Relatório de trabalho semanal da equipe de energia;
- Relatório de trabalho semanal da equipe de eletrônica; e
- Relatório de andamento da área financeira/compras.

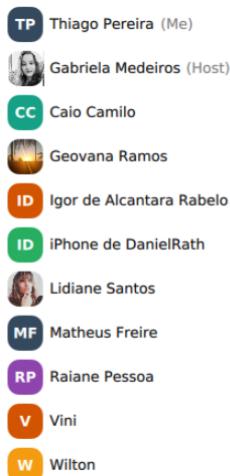


Figura 79 – Presentes na Reunião de 20/04. Fonte: Autores

1 - Relatório da primeira versão do documento do PC1 da parte dos responsáveis de Software e Estrutura. Thiago iniciou abordando o trello e juntamente com Caio apresentou a estratégia de desenvolvimento do documento, que é a seguinte, inicialmente 8 integrantes, 4 de Software e 4 de Estrutura realizarão a primeira versão do documento e deixar o KANBAN atualizado para compreensão do andamento do projeto. Posteriormente as equipes irão preenchendo as lacunas nos respectivos domínios;

2 - Gabriela completou complicações no desenvolvimento do documento e a Lidiane também;

3 - Daniel apresentou a essencialidade da eletrônica para o projeto em contraste com a pouca quantidade de integrantes. Levantou a hipótese da ajuda de integrante de software para ajudar na implementação do Lora (Provável ferramenta a ser usada);

4 - Igor, representante de eletrônica, apresentou que o Eduardo será o responsável pelas compras e Caixa, Wilton o ajudou nas pesquisas;

5 - Luyza e Daniel contemplaram o custo de alguns sensores, alguns não vendidos no Brasil;

Francisca Raiane levantou a hipótese de analisarmos magnésio, fósforo e outros nutrientes. Será analisado o custo e sensores desse levantamento;

7 - Contemplamos a importância de utilizar tecnologias abrangentemente usadas pois se até nelas decorrem complicações, quiçá tecnologias desconhecidas;

8 - Discutimos abordagem para o restante da semana, foi sugerido com o consentimento de todos:

- Descrever melhor os requisitos e arquitetura de seu domínio; e
- E realizar uma apresentação da arquitetura de cada área para todo o grupo.

Ata redigida por Thiago Ribeiro.

B.4 - ATA DA REUNIÃO DE 29/04

Reunião realizada na plataforma Zoom

Inicio: 20:35

Término: 21:52

Pauta:

- Apresentação das tarefas semanais das áreas(Apresentação da arquitetura)
- Definições gerais:

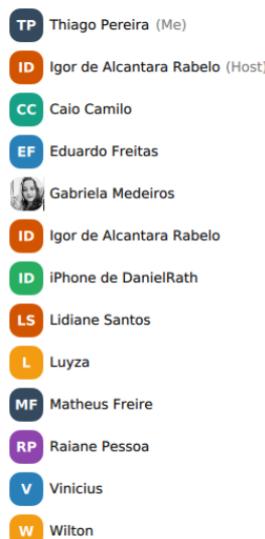


Figura 80 – Presentes na Reunião de 29/04. Fonte: Autores

Eletronica: Igor apresentou os requisitos e arquitetura no contexto de eletrônica e média de valores de sensores e demais itens. Daniel complementou;

Energia: Luyza apresentou pesquisas;

Estrutura: Caio descreveu sobre a estrutura;

Software: Thiago apresentou a arquitetura de software. Gabriela sanou duvidas de requisitos. Vinicius complementou;

Definições Gerais:

- Daniel propos um Deadline para o pagamento. Foi definido para dia 08/04;
- Caio se habilitou para fazer revisão ortográfica do documento;
- Caio e Thiago definirão alguém para revisar padrão ABNT;

- Thiago está responsável pela Introdução;
- Eduardo criará o projeto no OverLeaf para implementação da documentação com Latex;
-

Ata redigida por Thiago Ribeiro.

APÊNDICE D – Cronograma

	deadline	realizado
Pi2		100%
Início		100%
Definição do grupo e tema	20/03/20	100%
Gestão		0%
Definição de lideranças	21/08/20	100%
Definir diretor de qualidade	21/08/20	100%
Planejamento		0%
Definição de escopo	20/09/20	90%
Pesquisa de soluções semelhantes p...	20/09/20	50%
Ponto de Controle 1		0%
Elaborar TAP (resumo)	20/09/20	100%
Elaborar EAP	20/09/20	100%
Definição da Arquitetura do Projeto	20/09/20	100%
Lista É/ Não é	20/09/20	100%
Definição prévia de Componentes e ...	20/09/20	100%
Custos: Estimativa de custos e orça...	20/09/20	100%
Recursos humanos: alocação dos rec...	20/09/20	100%
Riscos: Levantamento de riscos para...	20/09/20	100%
Solução dos subsistemas	20/09/20	100%
Passar relatório doc -> Latex	20/09/20	100%
Relatório PC1	20/09/20	100%
Preparar apresentação (criar templa...	25/09/20	70%
Ponto de Controle 2		0%
Projeto de solução: modelagem e cál...	18/10/20	0%
Criação: diagramas lógico-funcionais,...	18/10/20	0%
Desenhos mecânicos refinados, com...	18/10/20	0%
Diagramas elétricos e eletrônicos do ...	18/10/20	0%
Em relação aos softwares, espera-se...	18/10/20	0%
Deverá ser apresentado o plano de c...	18/10/20	0%
Relatório PC2	18/10/20	0%
Preparar apresentação PC2 (criar te...	23/10/20	0%
Ponto de Controle 3		0%
Objetivo Geral: Simulação dos comp...	15/11/20	0%
Realizar o projeto dos componentes/...	15/11/20	0%
Construir componentes /subsistemas;	15/11/20	0%
Testar componentes/subsistemas da...	15/11/20	0%
Avaliar e homologar resultados	15/11/20	0%

Figura 81 – Cronograma. Fonte: Autores do projeto

APÊNDICE E – Tabela É vs NÃO É

É	NÃO É
Uma ferramenta que identifica a qualidade do solo	Uma ferramenta que melhora a qualidade do solo
Uma ferramenta que identifica as condições climáticas para o plantio	Apenas uma estação meteorológica
Um equipamento que necessita de instalação em um local pré-definido	Uma ferramenta que mede, de maneira autônoma, pontos em diferentes localizações.
Um equipamento desmontável	Um equipamento inteiriço
Um equipamento com bateria auto recarregável por meio de placas solares	Um equipamento que necessita ser recarregado em tomada elétrica
Uma ferramenta que proporciona monitoramento a partir de valores de referência	Um equipamento de medição com base em dados aleatórios
Uma ferramenta que permite acesso a dados em tempo real	Uma ferramenta que mede parâmetros em um horário único
Uma ferramenta que permite interação com o usuário através de chatbot	Um aplicativo de celular
Um equipamento para longa duração	Um equipamento para média ou curta duração
Um equipamento duradouro	Um equipamento descartável
Um equipamento fixo	Um equipamento móvel

Tabela 23 – Ferramentas de comunicação

APÊNDICE F – Funcionalidades do Produto de Software

Descrição	Link no GitHub (Backend)	Link no GitHub (Frontend)	Link no GitHub (Chatbot)
Login		SignIn	-
Verificação do CPF	SignUpVerification	SignUpVerification	-
Cadastro do Usuário	CustomRegister-Serializer	SignUp	-
Cadastro de Funcionários	EmployeesList (POST)	AddEmployeeModal	-
Página de Perfil	EmployeesList (GET)	Profile	-
Dashboard	Station	Dashboard	-
Verificação Telegram	TelegramVerification	-	CustomTelegram-Input
Consumo de Dados no Chatbot	-	-	Action<Parâmetro>

Tabela 24 – Funcionalidades do A2P2

APÊNDICE G – Principais Decisões de Software

Decisão	Descrição
Stack do projeto	No início do projeto elicitamos ferramentas aptas a resolver nosso problema e em seguida decidimos as tecnologias dentre elas nas quais temos maior domínio, o Django e o React foram as ferramentas escolhidas.
Tecnologias escolhidas para o chatbot	O Telegram possuí uma ótima documentação e ganhou preferência para ser o responsável pela interface de comunicação do chatbot. A biblioteca Rasa e a linguagem Python para elaboração do chatbot foi preferível por causa do domínio da tecnologia e sua popularidade e comunidade.
Usar um Mock para simular integração.	Iriamos fazer requisições na própria API do backend para simular as requisições que a estação A2P2 realizaria, entretanto achamos proveitoso fazer um mock na estrutura de micro serviço utilizando o json-server. Mock

Tabela 25 – Principais decisões

APÊNDICE H – Códigos do Microcontrolador

```
#define ESP32_BOARD
#include <Wire.h>
#include <Arduino.h>
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#ifndef ESP32_BOARD
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#else
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#endif
#include <string.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#define Hall sensor 2// Pino digital 2
Adafruit_BME280 bme;
#define BLYNK_PRINT Serial
#define BLYNK_DEBUG 1
#include "SIM808.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include "inetGSM.h"
//MOD GSM
InetGSM inet;
boolean started = false;
char smsbuffer[160];
char n[20];
byte valor;
char valx;
//PH measurement
float calibration = 0.00;
//mude este valor para calibrar
const int analogInPin = A0;
int sensorValue = 0;
```

```
unsigned long int avgValue;
float b;
int buf[10],temp;
//Anemometro
//Difinicoes de constantes
const float pi = 3.14159265;
// Numero pi
int period = 5000;
// Tempo de medida(miliseconds)
int delaytime = 2000;
//Tempo entre amostras(miliseconds)
int radius = 147;
// Raio do anemometro(mm)
//Definicao de variaveis
unsigned int Sample = 0;
//numero de amostra
unsigned int counter = 0;
//contador magnetico para sensor
unsigned int RPM = 0;
//Revolucoes por minuto
float speedwind = 0;
//Velocidade do vento (m/s)
float windspeed = 0;
//Velocidade do vento (km/h)
//Umidade do solo
int umidade;
//pluviometro
//Constantes:
const int REED = 6;
//A chave reed sai para o pino digital 9
// Variaveis:
int val = 0;//Valor atual do interruptor reed
int old_val = 0;//Valor antigo do interruptor reed
int REEDCOUNT = 0;
//Esta e a variavel que mantem a contagem de comutacao
//as variaveis a seguir sao do tipo long
//pois o tempo, medido em milissegundos,
//rapidamente se tornara em um numero grande demais para ser
//armazenado em uma int.
```

```
void setup(){
    Serial.begin(9600);
    // Iniciar Serial
    pinMode(13, OUTPUT);
    // Defina os pinos
    pinMode(2, INPUT);
    digitalWrite(2, HIGH);
    // pull-up interno ativo
    Serial.println("#####");
    delay(5000);
    // Esse BME280 esta no endereco 0x76
    if (!bme.begin(0x76)){
        Serial.println("BME280 nao iniciado. Aguardando.");
        while (true);
    }
    Serial.println("Iniciando.");
    Blynk.begin(auth, ssid, pass, SRV, 8080);
    // para servidor local, esse e o formato
    timer.setInterval(2000L, tempSend);
    delay(1000);
    // inicializa o pino do switch como entrada
    pinMode (REED, INPUT_PULLUP);
    // Isso ativa o resistor pull up interno
    // inicializa a comunicacao serial:
    digitalWrite(2,HIGH);
    powerUpOrDown();
    Serial.println(F("Testando GSM Shield SIM900"));
    if (gsm.begin(2400)){
        Serial.println(F("nstatus=READY"));
        started = true;
    }
    else Serial.println(F("nstatus=IDLE"));
}
void loop(){
    #####pH#####
    for (int i=0;i<10;i++){
        buf [ i]=analogRead(analogInPin);
```

```
    delay(30);
}
for (int i=0;i<9;i++){
    for (int j=i+1;j<10;j++){
        if (buf[i]>buf[j]){
            temp=buf[i];
            buf[i]=buf[j];
            buf[j]=temp;
        }
    }
}
avgValue=0;
for (int i=2;i<8;i++)
    avgValue+=buf[i];
float pHVol=(float)avgValue*5.0/1024/6;
float phValue = -5.70 * pHVol + calibration;
Serial.print("sensor = ");
Serial.println(phValue);
delay(500);
//////////end///////////
//////////sensor umidade do solo///////////
umidade = analogRead(A0);
int Porcento = map(umidade, 1023, 0, 0, 100);
Serial.print(Porcento);
Serial.println("%");
if (Porcento <=70){
    Serial.println("Irrigando . . .");
    digitalWrite(13, HIGH);
}
else {
    digitalWrite(13, LOW);
}
delay(1000);
//////////anemometro///////////
Sample++;
Serial.print(Sample);
Serial.print(": Start measurement . . .");
windvelocity();
Serial.println(" finished .");
```

```
Serial.print("Counter: ");
Serial.print(counter);
Serial.print(" RPM: ");
RPMcalc();
Serial.print(RPM);
Serial.print(" Wind speed: ");
//*****
// print m/s
WindSpeed();
Serial.print(windspeed);
Serial.print(" [m/s] ");
//*****
// print km/h
SpeedWind();
Serial.print(speedwind);
Serial.print(" [km/h] ");
Serial.println();
delay(delaytime); // delay between prints
////////////////Sensor BME280/////////////////
f_temp = bme.readTemperature();
Blynk.run();
timer.run();
delay(100);
////////////////Sensor Pluviometro///////////
// ler o estado do switch pelo pino de entrada:
val = digitalRead(REED);
//Leia o status do interruptor Reed
if ((val == LOW) && (old_val == HIGH)){
//Verifique se o status mudou
    delay(10);
    //Atraso colocado para lidar com qualquer
    //"salto" no switch.
    REEDCOUNT = REEDCOUNT + 1;
    //Adicione 1 a contagem de numeros
    old_val = val;
    //Faca o valor antigo igual ao valor atual
    Serial.print("Medida de chuva (contagem): ");
    Serial.print(REEDCOUNT);
    /*0.2794);
```

```
    Serial.println(" pulso ");
    Serial.print("Medida de chuva (calculado): ");
    Serial.print(REEDCOUNT*0.25);
    Serial.println(" mm");
}
else{
    old_val = val;
    //Se o status nao mudou, nao faça nada
}
//////////////////mod GSM///////////////////
if (started){
    //Aguarda novo SMS e envia para o servidor web
    if (gsm.readSMS(smsbuffer, 160, n, 20)) {
        String str(smsbuffer);
        envia_GSM(smsbuffer);
        delay(10000);
    }
    delay(1000);
}
void tempSend(){
    String s_temp = String(f_temp);
    Serial.println(s_temp);
    Blynk.virtualWrite(V1,f_temp);
}
// Measure wind speed
void windvelocity(){
    speedwind = 0;
    windspeed = 0;
    counter = 0;
    attachInterrupt(0, addcount, RISING);
    unsigned long millis();
    long startTime = millis();
    while( millis() < startTime + period) {
    }
}
void RPMcalc(){
    RPM=((counter)*60)/(period/1000);
    //Calcular revoluções por minuto (RPM)
```

```
}

void WindSpeed(){
    windspeed = ((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000;
    //Calcular a velocidade do vento em m/s
}

void SpeedWind(){
    speedwind = (((4 * pi * radius * RPM)/60) / 1000)*3.6;
    //Calcular a velocidade do vento em km/h
}

void addcount(){
    counter++;
}

void powerUpOrDown(){
    //Liga o GSM Shield
    Serial.print(F("Liga GSM..."));
    pinMode(6, OUTPUT);
    digitalWrite(6, LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite(6, HIGH);
    delay(1000);
    Serial.println(F("OK!"));
    digitalWrite(6, LOW);
    delay(500);
}

void envia_GSM(String texto){
    char temp_string[55];
    char msg[10];
    int numdata;
    if (inet.attachGPRS("opcel.br","opcel","opcel"))
        Serial.println(F("status=Conectado..."));
    else Serial.println(F("status=Nao conectado!"));
    delay(100);
    String valor="MSG_Texto1="+texto;
    valor.toCharArray(temp_string, 55);
    valx="A2P2.webatu.com",80,"/add.php",temp_string,msg,50
    numdata=inet.httpPOST(valx);
    delay(5000);
}
```

APÊNDICE I – Matriz de decisão do material estrutural

Tabela 26 – Matriz de decisão do material estrutural

Critérios	AISI 304	AISI 304L	AISI 316	AISI 316L	Aço galvanizado	Al 7075 T6	Aço galvalume
Peso	8	8	8	8	5	10	5
Disponibilidade	8	7	6	6	9	4	7
Resistência à corrosão	7	8	10	10	5	8	6
Resistência Mecânica	10	8	7	9	5	8	5
Soldabilidade	5	7	5	7	8	5	8
Resultado	7.6	7.6	7.2	8	6.4	7	6.2

APÊNDICE J – Propriedades do material escolhido

Tabela 27 – Propriedades do AISI 316L (ASM, 2020)

Material	Limite de Resistência	Limite de Escoamento	Alongamento	Módulo de Elasticidade	Dureza de Rockwell B
Unidade	(MPa)	(MPa)	(em 50 mm)	GPa	
AISI 316L	560	290	50%	193	80