

Universidade de Brasília - UnB Faculdade UnB Gama - FGA AquaData - Sistema de monitoramento da água

Autor: Grupo 9

Orientador: José Felicio Da Silva

Alex Reis

Paolo Gessini

Rhander Viana

Ricardo Matos Chaim

Brasília, DF 2021

Resumo

O documento apresenta um projeto de um sistema de monitoramento de qualidade da água doce, AquaData, em que o sistema recolhe informações de nível de oxigênio, nitrogênio, pH, temperatura, turbidez e condutividade da água. A partir dessas informações um aplicativo informará toda a base para o cliente utilizando gráficos, dados e um mapa para o seu conhecimento, portanto com isso o consumidor fará o que achar melhor para a sociedade ou seu empreendimento. Além disso constará dicas sobre cada informação, enquanto a boia terá um sistema de movimentação delimitada para certa área. A comercialização do produto tem o foco em empresas governamentais, clubes e estudantes cuja pesquisa envolve a qualidade da água. As engenharias envolvidas no projeto são eletrônica, responsável pela parte elétrica, controle e de hardware, aeroespacial, automotiva e energia, responsáveis pela parte mecânica e recursos energéticos, e software, responsável pela programação e pela interface com o usuário, todos os alunos responsáveis pelo projeto estudam na Faculdade do Gama(FGA) e cursam a disciplina Projeto Integrador 2, que visa ensinar aos alunos a trabalhar em grupo e agregar os diversos tipos de engenharia.

Palavras-chaves: Água Doce. PI2. Pesquisa. Tratamento.

Lista de ilustrações

Figura 1 — Primeira parte do Cronograma	14
Figura 2 – Segunda parte do Cronograma	15
Figura 3 – Terceira parte do Cronograma	15
Figura 4 – Quarta parte do Cronograma	15
Figura 5 – EAP do Projeto	19
Figura 6 – Primeira parte do RoadMap	20
Figura 7 — Segunda parte do RoadMap	20
Figura 8 – Terceira parte do RoadMap	20
Figura 9 – Quarta parte do RoadMap	21
Figura 10 – Pré-estrutura do projeto	24
Figura 11 – Painel de Tarefas	27
Figura 12 – Sensor de oxigênio	35
Figura 13 – Sensor de pH	35
Figura 14 – Sensor de turbidez	36
Figura 15 – Sensor de proximidade	36
Figura 16 – GPS	37
Figura 17 – Base do sistema de controle	39
Figura 18 – Base do sistema de controle	40
Figura 19 – Fluxograma do funcionamento do sistema	41
Figura 20 — Visualização geral da Arquitetura de Software do projeto. Fonte: Autores	43
Figura 21 – Dashboard de controle e visualização individual. Fonte: Autores	45
Figura 22 – Diagrama de Blocos do Subsistema de Alimentação	47
Figura 23 – Estrutura emersa e submersa	48
Figura 24 – Cavidade para Preenchimento da Espuma de Poliuretano	49
Figura 25 – Metacentro Transversal	50
Figura 26 – Estrutura de fibra e espuma PVC	51
Figura 27 – Fibra de Vidro e resina poliéster	51
Figura 28 – Espuma de PVC	52
Figura 29 – Tubulação que conecta a parte inferior com a superior	53
Figura 30 – Sistema de eixo, mancal, motor e pás	54
Figura 31 – Exemplo de pá para mover sistema flutuante para monitoramento de água	55
Figura 32 – Exemplo de motor a ser utilizado para movimentar o sistema flutuante	55
Figura 33 – Exemplo de bateria a ser utilizada para movimentar o sistema flutuante	56

Lista de tabelas

Tabela 1 – Estimativa de Custo - Eletrônica
Tabela 2 — Estimativa de Custo - Estruturas
Tabela 3 — Estimativa de Custos - Energia
Tabela 4 - Riscos eletrônicos
Tabela 5 – Riscos estruturais
Tabela 6 – Riscos energéticos
Tabela 7 — Descrição das categoriais
Tabela 8 — Matriz de Probabilidade x Impacto
Tabela 9 — Legenda da Matriz de Probabilidade X Impacto
Tabela 10 – Requisitos de Software
Tabela 11 – Requisitos eletrônica
Tabela 12 – Requisitos Energia
Tabela 13 – Requisitos Estruturais
Tabela 14 – Lista É/Não É
Tabela 15 – Tabela de potência

Sumário

I	ASPECTOS GERAIS	7
1	INTRODUÇÃO	8
II	TAP	9
2	TERMO DE ABERTURA DO PROJETO	10
2.1	Gerenciamento	10
2.1.1	Objetivo e Justificativa	10
2.1.2	Recursos humanos	11
2.1.3	Scrum	11
2.1.4	Ferramentas	13
2.1.5	Stakeholders	13
2.1.6	Premissas	14
2.1.7	Cronograma	14
2.1.8	Estimativa de custos	15
2.1.8.1	Eletrônica	16
2.1.8.2	Estruturas	16
2.1.8.3	Energia	17
2.1.8.4	Viabilidade Financeira	17
2.1.9	Levantamento de Riscos	17
2.1.10	Estrutura Analítica de Projeto	19
2.1.11	Roadmap	19
III	ESCOPO	22
3	ESCOPO	23
3.1	Escopo do projeto	23
3.1.1	Visão do produto	23
3.1.2	Objetivos	25
4	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES	26
4.1	Integração	27
4.2	Requisitos	28
4.2.1	Software	28
4.2.2	Eletrônica	28

4.2.3	Energia	29
4.2.4	Estrutura	30
4.2.5	Lista É/ Não É	31
IV	CONCEPÇÃO DO PROJETO	32
5	CONCEPCAO	33
5.1	Eletrônica	33
5.1.1	Dados a serem coletados	33
5.1.2	Mecanismos de coletas de dados	34
5.1.2.1	Sonda de oxigênio dissolvido e nitrogênio total	34
5.1.2.2	Sensor de potencial Hidrogeniônico (pH)	35
5.1.2.3	Sensor de temperatura	35
5.1.2.4	Sensor de turbidez	35
5.1.2.5	Sensor de proximidade	36
5.1.2.6	Sistemas de geolocalização e comunicação	36
5.1.2.7	Microcontrolador ESP32	37
5.1.2.8	Potência do sistema	38
5.1.3	Controle	38
5.1.4	Sistema embarcado	39
5.1.5	Sistema de sinalização	40
5.1.6	Fluxograma de funcionamento do sistema	40
5.2	Software	42
5.2.1	Especificações de Software	42
5.3	Energia	46
5.3.1	Especificações de Energia	46
5.4	Estruturas	48
5.4.1	Flutuabilidade e Estabilidade	48
5.4.2	Materiais	50
5.4.2.1	Estrutura Submersa	51
5.4.2.2	Compartimento Superior Flutuante	52
5.4.2.3	Tubulação	52
5.4.2.4	Conexões e pás	53
5.4.2.5	Mancais e boias flutuantes	53
5.4.3	Sistema de movimentação do sistema flutuante	54
5.4.4	Resposta dinâmica do sistema	56
	REFERÊNCIAS	58

ANEXOS 60

Parte I Aspectos Gerais

1 Introdução

O cuidado com o meio ambiente é, sem dúvida, uma das maiores preocupações da humanidade do século XXI. Dentre as diversas ameaças à conservação ambiental, a poluição hídrica tem se mostrado particularmente desafiadora: além de impactar diretamente na vida da flora e da fauna a que abastece, os lagos e demais reservatórios de água doce são fonte basilar para o desenvolvimento de atividades econômicas essenciais, como a agricultura, o turismo, e a produção industrial.

Ainda que haja uma gama de leis brasileiras voltadas para a preservação dos bens hídricos, existe uma dificuldade notável no que tange ao seu monitoramento- a resolução de número 454 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2012), por exemplo, estabelece uma série de critérios a serem analisados para garantir a viabilidade do uso da água, mas faltam os mecanismos e recursos necessários para a fiscalização adequada das águas doces, tais como a ausência de coordenação entre os instrumentos da política ambiental, que não definem as etapas de diagnóstico da água, a inexistência de flexibilidade na determinação dos padrões de qualidade, as barreiras de estruturação de sistemas de gestão, como comitês e agências, e a falta de um banco de dados com informações ambientais dos sistemas hídricos, mencionados no artigo "Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais brasileiras"(PIZELLA; SOUZA, 2007).

Nesse sentido, visando atender ao bem-estar social, bem como aos interesses de mercado, o projeto "AquaData" se propõe a analisar os diversos aspectos fundamentais para a garantia da qualidade da água. Parâmetros como o potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, níveis de nitrogênio e oxigênio, turbidez e condutividade da água serão fornecidos para os clientes em uma base de dados na aplicação, possibilitando que tomem as melhores decisões possíveis em seus investimentos, e fornecendo maior aparato tecnológico para estudantes universitários engajados em pesquisas ambientais e ecológicas. Dessa forma, o AquaData se mostra uma solução viável e interessante para os problemas relatados.

Parte II

TAP

2 Termo de Abertura do Projeto

Há um grande interesse mundial de diminuir a poluição e transformar o mundo melhor para futuras gerações. Por meio desse projeto é apresentado uma forma de oferecer um meio eficaz de controlar a qualidade de água doce, a partir de sensoriamento, que pode ser movimentado e ter seus sensores controlados a partir de uma aplicação, a fim de dar ao cliente pleno controle de seu empreendimento, tendo em vista que o consumidor final será empresas governamentais, pesquisadores e clubes.

Nome do Projeto	
AquaData	

Data de abertura	Código do Projeto			
01/08/2021	9			

2.1 Gerenciamento

2.1.1 Objetivo e Justificativa

O projeto foi pensado com a proposta de ajudar na monitoração das águas doces do país, colaborando na identificação de invasões irregulares, medição de parâmetros, identificação de água apropriada para banho e turismo, assim formando uma base de dados da parte híbrida do Brasil.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA no uso de suas competências no dia 17 de março de 2005 criou a resolução n° 357 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes (CONAMA, 2005). Essa resolução classifica os corpos de água como água doce, águas salinas e águas salobras. Dessa forma observaremos os seguintes padrões informados por essa resolução: Oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 6mg/l, pH variando entre 6 a 9, até 40 unidades nefelométrica de turbidez, o nitrogênio depende do pH da água seguindo pelos seguintes padrões para um 3.7 mg/L N para pH 7.5, 2mg/L N para 7.5< pH 8, 1mg/L N para 8 < pH 8.5 e por fim 0.5 mg/L N, para pH > 8.5.

A partir dos critérios coletados foi traçado um público alvo para um mercado do produto proposto, que têm foco em clubes, universidades, ONGs e agências de regularização do governo.

2.1.2 Recursos humanos

A equipe é uma integração de engenheiros das áreas de energia, eletrônica, aeroespacial, software e automotiva. Sendo organizados a partir de um coordenador geral, um diretor de qualidade, três diretores técnicos e dez desenvolvedores, formados por:

• Coordenador Geral: Julia de Melo Franco Fernandes

• Diretor de Qualidade: Lucas Ganda Carvalho

• Eletrônica:

- Diretor técnico: Leonardo Sampaio Barros

- Desenvolvedor: Henrique Caracioli da Mata Gouveia

- Desenvolvedor: Rebecca Kristina Mendes de Sousa

- Desenvolvedor: Eduardo Martins Costa

- Desenvolvedor: Danilo Ribeiro Tosta

• Estruturas:

- Diretor técnico: Alexandre Alencar de Melo

- Desenvolvedor: João Pedro Leal Vieira

- Desenvolvedor: Mayra Carolina Pinto de Souza

- Desenvolvedor: Filipe Miranda de Macedo

• Software:

- Diretor técnico: Felipe Campos de Almeida

- Desenvolvedor: Kairon Velozo Brito

- Desenvolvedor: Lieverton Santos Silva

- Desenvolvedor: Wictor Bastos Girardi

2.1.3 Scrum

O SCRUM é uma das mais famosas e utilizadas metodologia ageis modernas e que vem se destacando pela sua efetividade e organização. Derivada de um termo do Rugby, o scrum busca auxiliar nas entregas de valor, com mais rapidez, adaptabilidade e eficiência, tudo isso de uma maneira onde as tomadas de decisões são sempre executadas por meio de observações e trabalhando na constante otimização para mudanças.

O seu principal artefato, que relaciona todos os eventos e papéis dentro do projeto é o Backlog, ele é uma fonte de informação, por meio de uma lista, sobre todas as demandas ou tarefas do produto de forma clara e concisa, além de representar o progresso do time, por meio de suas finalizações, impedimentos e afins.

Por isso, o gerenciamento foi feito a partir disso, dentro do Scrum temos alguns papéis e eventos de destaque:

• Sprint

- São as iterações no processo de desenvolvimento.
- A Sprint foi dividida por semana, com o término de cada uma sendo toda sexta-feira.
- Em cada Sprint são programadas a realizações de tarefas.
- São estabelecidas metas, e ao final o produto deverá estar terminado

• Planejamento da Sprint

- Evento de planejamento da próxima sprint, ocorre semanalmente. Esta reunião busca responder as demandas do Product Owner, bem como alocar tarefas e adequar a disponibilidade com habilidades dos desenvolvedores para entregar valor;
- O planejamento foi decidido no início do projeto, com o formato de cronograma.

• Pré-Sprint

- A reunião de pré sprint ocorre de sete em sete dias com duração de 45 min, entre cada equipe tecnica. E alinhado ao planejamento da sprint entre os desenvolvedores, conforme decidido na reuniao de planejamento
- Sao atribuidos e discutidos os backlogs da sprint
- Cada reunião pré-sprint ocorre a cada 7 dias, antes da reunião geral.

• Daily/Stand-up

- São reuniões diárias e curtas
- São feitas atualizações diárias do desenvolvimento pelo grupo do telegram.

• Sprint Review

- É o periodo final de revisão da sprint, geralmente com um Time-box, em que as tarefas realizadas da Sprint são demonstradas para o time e validadas pelo Product Owner como "feitas"ou "necessitando ajustes".
- Todo domingo é feita a revisão de tudo o que foi feito pelos diretores e coordenador.

• Retrospectiva da Sprint

- É um evento que possibilita que o time possa avaliar como foi a Sprint, com pontos positivos ou de melhoria. Ela tem o objetivo de melhorar a qualidade e eficácia do trabalho desenvolvido por todo o time, buscando melhorar o processo.
- A restrospectiva é feita a cada ponto de controle.

2.1.4 Ferramentas

Para um melhor gerenciamento, cronograma e acompanhamento do projeto foram utilizadas algumas ferramentas:

- Telegram: Utilizado para comunicação com o intuito de agilizar e revisar os pontos do projeto
- Discord: Utilizado para reuniões semanais(Sprints e pré-srints), divido em geral e em cada subgrupo.
- Trello: Utilizado para uma melhor visualização e controle do que já foi feito e que ainda não.
- Google Drive: Utilizado para guardar documentos, organização do projeto e atas de reuniões
- Overleaf: Utilizado para a realização dos relatórios
- GitHub: Utilizado para repositório do projeto
- Visio e LucidChart: Utilizado para a montagem de diagramas
- ASANA: Utilizado para a montagem do cronograma e acompanhamento do coordenador

2.1.5 Stakeholders

Além dos colaboradores e alunos que fazem parte do o time responsável pelo desenvolvimento do projeto, os professores também assumem o papel de stakeholders, sendo-lhes atribuída a orientação, o auxilio nas tomadas de decisao e na definicao do escopo, bem como no levantamento de questionamentos tecnicos e de avaliação do projeto, sao esses:

Alex Reis - Engenharia de Energia;

José Felício da Silva - Engenharia Eletronica;

Paolo Gessini - Engenharia Aeroespacial;

Rhander Viana - Engenharia Automotiva;

Ricardo Matos Chaim - Engenharia de Software;

2.1.6 Premissas

O produto foi arquitetado com as seguintes premissas:

- O cliente terá acesso a todo banco de dados da região com a opção de pagamento por mês;
- O cliente poderá escolher quais parâmetros medir
- O cliente terá acesso a mapas, gráficos e tabelas com os parâmetros
- O cliente deverá se responsabilizar pela integração do produto
- A equipe se responsabilizará por falha na vedação da máquina
- A equipe fornecerá um dashboard de fácil compreensão
- O produto foi projetado a partir das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente

2.1.7 Cronograma

Para o bom funcionamento do projeto e a preocupação de não sobrecarregar um fim de semestre, foi proposto um cronograma de execução. O cronograma está evidenciado nas imagens 1, 2, 3 e 4.

O cronograma foi calculado com reuniões gerais e técnicas, em que cada subgrupo programou pelas datas de entrega do produto e com as tarefas dividas, ele foi feito pela ferramenta ASANA.

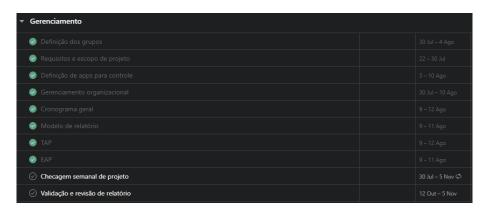


Figura 1 – Primeira parte do Cronograma

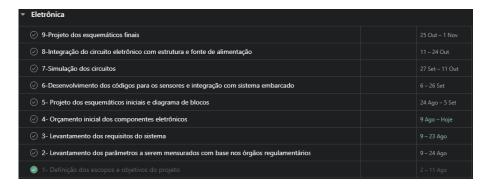


Figura 2 – Segunda parte do Cronograma



Figura 3 – Terceira parte do Cronograma



Figura 4 – Quarta parte do Cronograma

2.1.8 Estimativa de custos

Para a confecção do projeto foi feita uma estimativa inicial dos custos, pensando nos equipamentos e materiais que deverão ser utilizados após ser feita uma pesquisa de mercado. O orçamento é apenas inicial, podendo ser alterado com o avanço do desenvolvimento da boia.

Com o intuito de ter uma ordem comum no relatório e uma melhor visualização, os custos também foram divididos por área. Os custos de software ainda estão sendo analisados.

2.1.8.1 Eletrônica

Como mencionado em objetivos, o CONAMA estabelece algumas variáveis para a determinação da qualidade da água, a partir delas foi determinado os melhores tipos de sensores para cumprir a função de fornecer as melhores informações de dados para o cliente.

Na tabela 1 mostra a estimativa inicial dos sensores que serão utilizados no projeto.

Sensores Valor R\$ Quantidade Fornecedor Total R\$ Akso 1065,30 Oxigênio 1065,30 Nitrogênio 742,36 1 banggood 742,36 PH 206,44 1 Mercado Livre 206,44 Temperatura 1 16,90 16,90 Hu infinito Prova d'água Turbidez 184,02 1 Mercado Livre 184,02 Condutividade 269,90 1 Mercado Livre 269,90 17,25 69,00 Modulo sensor Infravermelho 4 Hu infinito Esp32 63,00 1 Mercado Livre 63,00 Sensor de proximidade 79,99 Casa da Robótica 4 319,96 Total 2936,88

Tabela 1 – Estimativa de Custo - Eletrônica

2.1.8.2 Estruturas

Afim de estimar um valor inicial do orçamento previsto para o produto, no que se refere a parte propulsora e estrutural, foram feitas pesquisas de mercado de materiais escolhidos que estão aptos a garantir o funcionamento do sistema.

Material	Unidade			Fonte	Total
Manta de Fibra de Vidro 450 g/m ²	Kg	R\$ 50,00	3,77	Ideal Resinas	R\$ 188,73
Resina Poliéster	Kg	R\$ 64,90	9,44	Americanas	R\$ 612,43
Espuma de Poliuretano	Kg	R\$ 93,28	11,48	Redelease	R\$ 1.070,85
Espuma de PVC	m²	R\$ 168,43	4,19	e-composits	R\$ 706,40
Motor	Un	R\$ 76,98	1,00	Mercado Livre	R\$ 76,98
Acoplamento Flexível de Eixo	Un	R\$ 21,89	1,00	Mercado Livre	R\$ 21,89
Eixo de Aço Inox	m	R\$ 95,00	2,00	Mercado Livre	R\$ 190,00
Rodas de Pás de Aço Inox	m²	R\$ 81,56	0,54	Casa do Serralheiro	R\$ 44,37
Mancal de Aço Galvanizado	m	R\$ 11,16	3,66	Casa do Serralheiro	R\$ 40,82
Total: R\$ 2.952,47					

Tabela 2 – Estimativa de Custo - Estruturas

A partir da tabela 2, é visualizável a maior influência no preço dos recursos destinados a laminação da estrutura e ao material que garante flutuabilidade ao sistema.

2.1.8.3 Energia

Foi estabelecido que será utilizado painéis solares para energizar todo o circuito, a partir disso, foram escolhidos kits de painéis e baterias para uma melhor confecção de projeto.

Na tabela 3 mostra o orçamento inicial desses componentes.

Componente Preço unitário Quantidade Frete estimado Valor total Kit 3 Painéis Solares (50 W) R\$ 635,67 R\$ 44,79 R\$ 1.316,13 2 Kit 2 Painéis Solares (50 W) R\$ 438,43 1 R\$ 31,53 R\$ 469,96 Bateria de chumbo-ácido (220 Ah) R\$ 1.549,00 2 R\$ 200,00 R\$ 3.298,00 Controlador de Carga MPPT (30 A) R\$ 63,00 R\$ 77,90 R\$ 134,90 **Preço Total** R\$ 5.218,99

Tabela 3 – Estimativa de Custos - Energia

2.1.8.4 Viabilidade Financeira

De acordo com o orçamento tomado como base a partir das estimativas de custo dos componentes de eletrônica(tabela 1), de estruturas(tabela 2) e de energia (tabela 3), o valor aproximado de um possível protótipo da AquaData foi estimado em R\$11.108,34 levando em consideração os requisitos e objetivos propostos.

2.1.9 Levantamento de Riscos

O levantamento de riscos do projeto foi separado por áreas, em que foi feita uma análise nos possíveis problemas e quais poderiam ser suas soluções. A partir desse levantamento, poderá ser aperfeiçoada as confecções e planejamento dos riscos.

As tabelas 4, 5 e 6 são divididas por tipos de risco, descrição de risco e impacto, categoria e qual poderia ser sua causa.

Risco	Descrição do Risco	Descrição do Impacto	Categoria	Causa
Oxidação do circuito elétrico devido ao contato com a água.		Caso o isolamento falhe e o circuito elétrico entre em contato com a água, a oxidação danificaria todos os componentes do circuito eletrônico, impedindo o funcionamento da boia.	Climática/Ambiental	Exposição ao ambiente.
2	Falha no sistema de sensores	Os dados não seriam coletados, logo a boia não cumpriria seu propósito	Eletrônica	Falhas mecânicas ou eletrônicas.
3 Falha no sistema de controle		Caso o sistema de controle falhe, é possível que a boia saia de seu perímetro, ou ainda pare de se locomover	Eletrônica	Falha eletrônica
4 Falhas de comunicação		Caso o sistema de comunicação falhe, a boia poderia perder seu posicionamento e/ou parar a transmissão de dados.	Eletrônica	Falha eletrônica
5	Falha de calibração dos sensores	Caso os sensores estejam mal calibrados, os dados coletados podem ser incorretos	Eletrônica	Falha humana
6	Falha de manutenção	O circuito elétrico precisará de manutenção com o tempo, que caso feita de forma incorreta pode afetar os demais sistemas eletrônicos da boia.	Mecânica	Falha humana

Tabela 4 – Riscos eletrônicos

Tabela 5 – Riscos estruturais

Risco	Descrição do Risco	Descrição do Impacto	Categoria	Causa
1 contato constante com a água,		A corrosão pode causar perdas e deterioração dos materiais, perda de resistência mecânica e falhas estruturais.	Climática/Ambiental	Exposição ao ambiente.
nlacas sinalizadoras plantas aquaticas		Impactos podem ocasionar esforços mecânicos, deformações e fraturas.	Navegação / Interferência Externa	Exposição a um ambiente sujeito a presença de pessoas, animais e construções.
3	Falha no sistema estrutural de estabilidade e flutuação da boia.	Pode ocasionar perdas de equipamentos e componentes estruturais e o afundamento da boia.	Mecânica	Falhas mecânicas ou eletrônicas.
4	Falhas mecânicas na estrutura da boia, nas pás e nos eixos do motor.	Podem comprometer o funcionamento da boia.	Mecânica	Esforços mecânicos.
5	Falhas de manutenção.	Podem ocasionar falhas mecânicas, e comprometer equipamentos e componentes estruturais.	Mecânica	Erros humanos.
6	Danos causados por fatores ambientais e condições climáticas como ventos, chuvas, temporais, etc. Podem ocasionar a redução da vida útil de equipamentos e componentes estruturais.		Climática / Ambiental	Exposição ao ambiente.
7	Danos estruturais causados por encalhamento.	Podem causar esforços mecânicos e deformações na estrutura da boia.	Navegação	Erros de navegação.
8 Danos causados por vandalismo e roubo.		Pode ocasionar a perda ou deterioração de equipamentos e componentes estruturais.	Interferência Externa	Exposição às ações humanas.

Tabela 6 – Riscos energéticos

	Risco	Descrição do Risco	Descrição do Impacto	Categoria	Causa
	Superaquecimento de baterias Descargas Elétricas Indesejadas		Caso elas venham a superaquecer, podem expandir e danificar outras estruturas, podendo até mesmo explodir.	Ambiental / Segurança	Falhas em controlar o carregamento das baterias Falha em Inverter as fases da onda
			Em casos leves, pode gerar interferências nas coletas de dados e, em casos mais graves, pode queimar circuitos inteiros e ferir ou matar alguém.	Ambiental / Segurança	Subdimensionamento do sistema de aterramento Queima de algum circuito interno Sobrecarga de baterias
	3 Insuficiência no fornecimento de energia		A insuficiência de fornecimento de energia pode gerar descontinuidade de sistemas e erros numéricos que, ao longo do tempo, podem tornar o equipamento inutilizável.	Segurança	Subdimensionamento do sistema de armazenamento Falhas no controlador de carga
3		Falha em Inverter as fases da onda	Esse erro pode gerar uma sobrecarga do controlador de carga, facilitando um fornecimento inadequado de energia para as baterias e, consequentemente, seu superaquecimento.	Ambiental / Segurança	Subdimensionamento do Inversor Falhas internas do inversor por falta de manutenção

Na tabela 7 descreve o que foi considerado em cada categoria.

Tabela 7 – Descrição das categoriais

Categorias	Descrição das Categorias			
Mecânica	Mecânica Referente à estrutura e ao sistema ativo de estabilidade da boia.			
Eletrônica	ca Referente aos circuitos e componentes eletrônicos presentes na boia			
Climática/ Ambiental Referente às características climáticas e ambientais do meio ao qual a boia será exposta.				
Segurança	Referente a integridade física tanto do equipamento como de terceiros que possam ser prejudicados por falhas no sistema.			
Navegação	Referente ao sistema de navegação da boia.			
Interferência Externa	Referente às interferências de carácter humano.			

Fundamentado nas tabelas acima, foi discutido e analisado as probabilidades e o impacto que cada risco poderia causar no sistema, então foi feita uma matriz de probabilidade de quais riscos possuem grande ou baixo impacto, mostrada em 8, as probabilidades foram analisadas em conjunto dos materiais e em discussões de sprints.

Probabilidade	Matriz de Probabilidade x Impacto					
Muito alta					Risco 1	
Alta			Risco 6		Risco 2	
Moderada					Riscos 3 e 4	
Baixa		Risco 8		Riscos 5 e 7		
Muito baixa						
Impacto	Muito baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto	

Tabela 8 – Matriz de Probabilidade x Impacto

Tabela 9 – Legenda da Matriz de Probabilidade X Impacto

Legenda		
Baixo Risco	Médio Risco	Risco Crítico

2.1.10 Estrutura Analítica de Projeto

Foi feita a estrutura analítica de projeto para uma percepção das funcionalidade de cada subgrupo. A composição do EAP também foi discutida em sprint, determinando os passos do projeto. A figura 5 foi composta na ferramenta do desenhos google e separado por frequência de cores de acordo com o subgrupo.

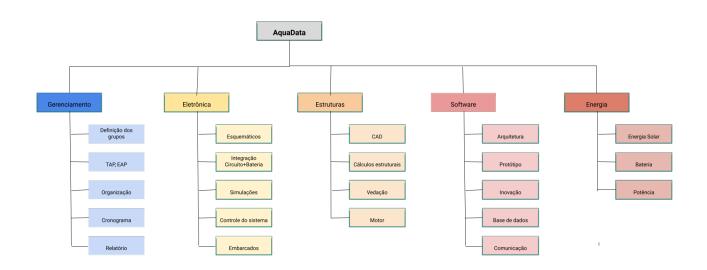


Figura 5 – EAP do Projeto

2.1.11 Roadmap

Além do cronograma, foi composto um roadmap para a visualização. Ele foi formado a partir do cronograma, também pela ferramenta ASANA, nele é possível colocar check-list para a visualização de tarefas já realizadas.

Pode-se verificar o roadmap nas imagens 6, 7, 8 e 9, divididas da mesma forma que o cronograma.



Figura 6 – Primeira parte do RoadMap

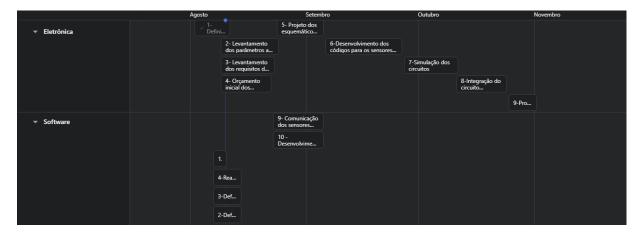


Figura 7 – Segunda parte do RoadMap

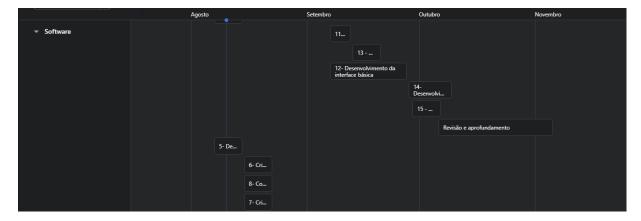


Figura 8 – Terceira parte do RoadMap

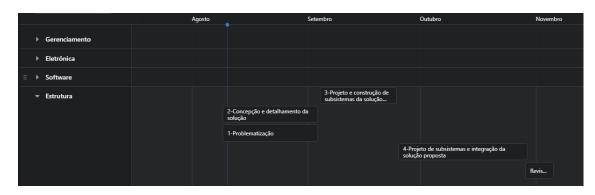


Figura 9 – Quarta parte do RoadMap

Parte III

Escopo

3 Escopo

Neste capítulo serão destrinchados tanto objetivos gerais quanto objetivos específicos do projeto, auxiliando assim na compreensão dele. Serão elucidados também os objetivos de cada área componente do projeto, sendo elas as de eletrônica, estrutura e software.

3.1 Escopo do projeto

O projeto apresentado neste documento será desenvolvido de forma remota utilizando as ferramentas e métodos supracitados visando atingir um nível de concepção elaborado o suficiente para se tornar uma proposição real de mercado. Para alcançar este fim, será construído ao longo dos capítulos um protótipo que abarcará todo o conteúdo necessário para futura construção física de um Aquadata.

O protótipo auxiliará na visualização do funcionamento real do projeto, permitindo assim avaliar se as funcionalidades propostas atendem as necessidades de mercado, bem como garantir que os objetivos aqui propostos foram alcançados. A fim de facilitar o levantamento de requisitos e objetivos do produto, a equipe de projetistas utilizou algumas técnicas, são elas:

- Projeto visual da estrutura, dos circuitos e das interfaces computacionais: facilita a compreensão da proposta física do projeto, auxiliando na definição dos objetivos e requisitos.
- Levantamento dos parâmetros de medição da qualidade da água: Neste processo, a equipe identifica os principais parâmetros a serem medidos, bem como a forma adequada de medição, auxiliando na definição dos componentes e funcionalidades da boia.
- Definição de objetivos: Auxilia na delimitação das funcionalidades da boia e, consequentemente, guia a projeção estrutural, computacional e embarcada do projeto.
- Definição de requisitos: Coaduna com os objetivos, estabelecendo o que deve ser atribuído de funcionalidade à boia, bem como evidencia as atribuições de cada núcleo.
- Lista É/ Não É: Tabela que evidencia os objetivos almejados e requisitos.

3.1.1 Visão do produto

Como citado anteriormente, a figura 10 trás o projeto visual de como a estrutura física da boia seria projetada. Pode ser observado na figura que há alguns pontos destacados, são eles:

Capítulo 3. ESCOPO 24

- Pás: Responsáveis pelo deslocamento da boia.
- Sensores: Os sensores que necessitam estar em contato com a água para realizar sua medição serão projetados para fora da estrutura através de um cano circular, para garantir a preservação da vedação do circuito presente no interior da estrutura bem como dos demais componentes que não podem entrar em contato com a água.
- Eixo: guia a movimento de rotação da boia;
- Mancal e suporte do mancal: Dão suporte ao eixo para aguentar a carga;
- Boia lateral: garante a flutuação e rotação da boia;
- Placa solar: Converte luz solar em energia para alimentar a bateria da boia, garantindo autonomia dela, por ser uma fonte de energia renovável;
- Torre: estrutura de apoio a sinalizações;
- Sinalização: Permite a visualização da boia por embarcações que se aproximarem dela, para evitar possíveis colisões.

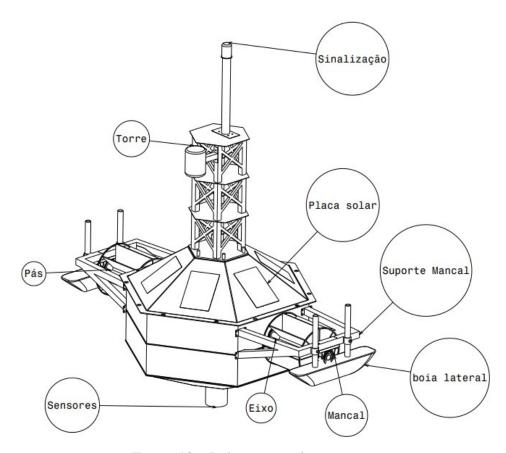


Figura 10 – Pré-estrutura do projeto

Capítulo 3. ESCOPO 25

3.1.2 Objetivos

O objetivo geral deste projeto é elaborar uma boia autônoma, aqui nomeada de Aquadata, que deve coletar os parâmetros pré-estabelecidos de qualidade da água, dentro de um perímetro também pré-estabelecido, e transmití-los a uma central de visualização, para que o cliente possa então analisar os dados. Essa coleta deve ser feita de forma totalmente autonôma e a boia deve passar longos períodos sem precisar de intervenção humana para manutenção. O cliente deve poder também decidir quais sensores ficarão ativos para captação de dados, caso deseje utilizar em alguma aplicação específica.

4 Descrição das Atividades e Responsabilidades

Com o escopo e objetivos definidos as atividades foram separadas, e nesse capítulo descreveremos os requisitos das atividades que serão desenvolvidas por cada subgrupo e definiremos o produto de maneira mais clara pela lista É/Não É.

Diferentemente dos orçamentos e riscos, as descrição de atividades será dividida em quatro partes: software, eletrônica, energia e estruturas. Cada subgrupo foi designado com uma tarefa essencial para a formação do produto final.

• Software:

- Comunicação com o usuário(cliente que irá utilizar o produto ou dashboard): comunicação usuário/cliente e produto;
- Código do sistema embarcados;
- Interface de usuário;
- Mock para geração de dados;
- Código do backend central

• Eletrônica:

- Formulação de circuitos elétricos;
- Simulação dos circuitos;
- Projeto do sistema embarcado;
- Definição de sensores;
- Controle da boia

• Energia:

- Definição de tecnologia de conversão;
- Definição de baterias;
- Certificação de demanda máxima de potência;
- Certificação de demanda máxima de corrente;
- Certificação de velocidade de carga e descarga das baterias;
- Determinação do período médio estimado dos ciclos das baterias;
- Determinação da provável vida útil do sistema de geração e seus componentes;

- Delimitar capacidade de fornecimento e uso de energia para os demais subsistemas.

• Estruturas:

- Análise e formulação de cálculos estruturais,
- Definição de CAD;
- Dimensionamento do produto;
- Definição de materiais;
- Processos de fabricação

4.1 Integração

Como todo projeto, os subgrupos precisam ter uma alta comunicação para o seu ótimo funcionamento. Dessa forma, as áreas estão em constante contato e comunicação.

É necessário a integração software-eletrônica para uma boa resolução de sistemas embarcados, os dados adquiridos pela eletrônica são processados e comunicados através de um website para o cliente, em que é preciso uma organização e uma interface otimizada, feita pelos desenvolvedores.

A montagem e cálculo estrutural é medida pelas necessidades dos componentes, todos precisam caber dentro da boia com uma vedação excelente para a execução. A energia deve estabelecer uma bateria que aguente o tamanho da potência necessitada por todos os sensores e motores.

Ao final, a equipe deve estar bem estruturada para uma inciativa ser de acordo com o esperado. Na imagem 11 mostra um painel de tarefas a realizar e já realizadas por subgrupo, havendo um acompanhamento diário de atrasos, reuniões e estatísticas sobre a qualidade de trabalho.



Figura 11 – Painel de Tarefas

Requisitos 4.2

Nesse capítulo será constatado os requisitos de cada área do projeto. Cada subárea possui seus próprios requisitos, portanto os que precisam do conjunto e integração das áreas foram repetidas de forma especifica para validar que aquele tópico particular deverá ser feito em conjunto.

4.2.1 Software

ID

S05

S06

S07

S08

S09

S10

S11

S12

S13

Servidor

Servidor

Servidor

Servidor

Servidor

Servidor

Servidor

Servidor

Servidor

Primeiramente na tabela 10 é exposto os requistos de software para o projeto.

Categoria Requisito Realizar comunicação entre o servidor **S00** Embarcado e os dispositivos embarcados através do protocolo MQTT Conectar o microcontrolador por meio **S01** Embarcado de gsm/gprs para constante envio de informações dos sensores Tolerar falhas no embarcado relacionadas **S02** Embarcado a queda de energia ou a falha de internet (devendo reconectar automaticamente) Realizar leitura de dados relativos à água **S03** Embarcado cada 30 minutos Enviar posicionamento do gps a cada **S04** Embarcado

Realizar controle ativo do posicionamento

Disponibilizar os dados em uma API Tratar os dados de forma a eliminar

Capacidade de gerenciar várias boias Necessidade de manter-se online, caso

Salvar dados em um banco de dados Acender LEDs de sinalização da bóia

ocorra quedas, deve reiniciar automaticamente

possíveis inconsistências

Cadastrar ou excluir boias

Cadastrar super-usuário

de acordo com o horário

30 segundos

da bóia

Tabela 10 – Requisitos de Software

4.2.2 Eletrônica

Na tabela 11 é explorada as categorias e requisitos de eletrônica.

Tabela 11 – Requisitos eletrônica

ID	Categoria	Requisito	
EL00	Controle	Controle de deslocamento da boia para um perímetro pré-determinado pelo usuário	
EL01	Sensoriamento e controle	Detecção de objetos imóveis ou em baixa velocidade que estejam no trajeto da boia a fim de se evitar colisões	
EL02	Integração	Desenvolver o circuito que integre os módulos sensores e o microcontrolador	
EL03	Desenvolver o circuito que integre o microcontrolador à fonte de alimentaçã	Desenvolver o circuito que integre o microcontrolador à fonte de alimentação	
EL04	Instrumentação	Calibração dos sensores para garantir precisão e exatidão nas medições	
EL05	Embarcados	Deve haver garantia de funcionamento do sistema embarcado, visto que a aplicação será autônoma	
EL06	Alimentação	O sistema deve ser alimentado por uma bateria interna, que será recarregada através de energia solar	
EL07	Alimentação	O sistema deve possuir autonomia o suficiente para que complete um ciclo inteiro de medições sem que haja qualquer necessidade de interferência do usuário	
EL08	Escolha dos componentes	Os componentes eletrônicos e do sistema de alimentação devem ser o mais leves e compactos possíveis, para possibilitar a aplicação embarcada e flutuação do sistema	
EL09	Circuito	Circuito de iluminação externo para facilitar a visualização da boia durante o período da noite	

4.2.3 Energia

Na tabela 12 se mostra os requisitos de energia do projeto.

Tabela 12 – Requisitos Energia

ID	Categoria	Requisito
EN00	Comprovar a disponibilidade	O potencial de geração local das fontes de energia selecionadas deve ser tal que
ENUU	de recursos energéticos no local	toda a demanda operacional do equipamento seja atendida.
EN01	Definição de fonte primária de energia	A definição dessa fonte primária se dará por meio de análise em bancos de dados geológicos fornecidos como os da [CRESESB].
EN02	Estimar o consumomédio dos equipamentos	Por meio da listagem de equipamentos e suas respectivas frequências e períodos de uso, seria possível estimar a demanda dos equipamentos.
EN03	Estimar a Potência requisitada dos equipamentos	Por meio da listagem de equipamentos e suas respectivas frequências e períodos de uso, seria possível estimar a demanda dos equipamentos.
EN04	Estimativa de horas de consumo energético	Por meio da listagem de equipamentos e suas respectivas frequências e períodos de uso, seria possível estimar a demanda dos equipamentos.
EN05	Estimativa de consumo diário em Watt ou kW/dia	Por meio da listagem de equipamentos e suas respectivas frequências e períodos de uso, seria possível estimar a demanda dos equipamentos.
EN06	Dimensionamento do controlador de carga	O controlador de carga deve ser capaz de fornecer a quantidade de energia exata necessária para carregar as baterias sem danificá-las.
EN07	Dimensionamento das baterias	A capacidade de carga das baterias deve ser tal que a demanda dos equipamentos nunca seja maior que a disponibilidade de energia.
EN08	Dimensionamento do inversor (eólico)	O inversor deve ser capaz de transmitir energia de forma segura e contínua para o controlador de carga.
EN09	Aterramento	O aterramento deve impedir descargas elétricas e proteger o sistema de possíveis acidentes.
EN10	Resistência	A estrutura deve resistir ao possível impacto com uma embarcação;

4.2.4 Estrutura

E por último, na tabela 13 é evidenciado os requisitos para a parte estrutural do projeto.

Tabela 13 – Requisitos Estruturais

	ID	Categoria	Requisito	
A00 Est			Estrutura deve sustentar a massa de todos	
		Estrutura metálica	os componentes estruturais sem deformação	
			plástica. Materiais com excelente resistência à deformação e leves;	
A01		Proteção	Estrutura que respeite os requisitos de proteção	
			dos sensores. Necessidade de passagem de água	
			pelos sensores sem que fiquem exposto a impactos;	
		Vedação	Todo o sistema de eletrônica será vedado, de	
A02	A02		forma a proteger todos os elementos de forças	
			externas;	
A03	403	Material	Material inerte que não interfira na transmissão	
	AUJ		de dados;	
A0	A 04	04 Vedação	Todos os encaixes e conexões devem ser bem	
	AUT		vedados para que a boia não encha de água;	
	A05	Material	Os materiais das pás e dos eixos do motor devem	
AUS	1105		suportar os esforços de fadiga e os esforços de torção;	
A06		Montagem	Fácil montagem possibilitando substituição de	
	AUU	wiontagem	componentes;	
			Material resistente ao tempo e as intempéries	
A07	A07	Material	climáticas. Material submetido a tratamento que	
			melhorem resistência à corrosão;	
	A08	Flutuação	Estrutura deve se manter flutuando e estável;	
	A09	Sinalização	O objeto flutuante deve ser bem sinalizado	
	AU		a fim de evitar impactos;	
	A10	Resistência	A estrutura deve resistir ao possível impacto	
AIU	Resistencia	com uma embarcação;		

4.2.5 Lista É/ Não É

A lista É/Não É serve para um compreensão mais correta do produto, a partir dela o cliente poderá verificar suas dúvidas em relação ao projeto.

Foi formada a partir de discussões de sprint para definir melhor o funcionamento da boia, a tabela 14 é exposta abaixo.

Tabela 14 – Lista É/Não É

É	Não É
Capaz de informar parâmetros da água	Não é capaz de modificar os parâmetros
Capaz de se movimentar por uma área delimitada	Não é capaz de se orientar não havendo uma demarcação de área
Capaz de organizar os dados do cliente no dashboard	Não é capaz de funcionamento em água salgada
Capaz de funcionar em água doce	Não é capaz de evitar colisões ou desvios de rotas (como furto)
Capaz de funcional em agua doce	intencionais e externos
Capaz de formar um sistema de boias que se conectam	Não é capaz de ser submerso
Capaz de delimitar quais parâmetros cada cliente quer medir	
Verificar a localização da bóia	
Ligar LEDs para uma sinalização	
Dar informações sobre a legislação	
É capaz de flutuar em corpos d'água por longos períodos	
É necessário fazer verificações anuais do sistema	

Parte IV Concepção do Projeto

5 Concepção e Detalhamento do Projeto

5.1 Eletrônica

Para o núcleo de eletrônica, as responsabilidades atribuídas no desenvolvimento do projeto são aquelas que agregam em nível de hardware, circuitos, instrumentação e controle. Entre essas atribuições, estão: o desenvolvimento do sistema embarcado, que será feito em conjunto com o núcleo de software; a integração completa de todos os sensores; o desenvolvimento do circuito que permite a integração entre microcontroladores, sensores e fonte de alimentação; o controle de deslocamento, sensoriamento e posicionamento da boia.

Para complementar as conclusões teóricas do projeto, o núcleo aqui descrito também deve realizar simulações de circuitos e algoritmos competentes à área e elaborar os diagramas elétricos e lógicos.

5.1.1 Dados a serem coletados

Os parâmetros a serem mensurados pela boia foram levantados com base em dois fatores: as medições realizadas pelos órgãos regulamentários em âmbito nacional, no caso a Agência Nacional das Águas (ANA), que utilizam o Índice de Qualidade da Água (IQA) para definir tais parâmetros, e de acordo com a necessidade de mercado para o uso da água.

O IQA estabelece ao todo nove parâmetros indicativos da qualidade da água, sendo eles:

- Oxigênio dissolvido, vital para preservação da vida aquática;
- Coliformes termotolerantes, indicadores de poluição por esgoto doméstico;
- Potencial Hidrogeniônico (pH), que afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas;
- Demanda bioquímica de oxigênio (DBO5,20), que representa a quantidade necessária de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica na água através de decomposição microbiana;
- Temperatura da água, que influencia diversos parâmetros físico-químicos, além de causar impacto aos organismos aquáticos;
- Nitrogênio total, pois o nitrogênio em excesso causado pela poluição pode levar ao processo de eutrofização do corpo d'água;
- Fósforo total, assim como o nitrogênio, em excesso também pode levar ao processo de eutrofização;

 Turbidez, o alto grau de turbidez causado pela presença de sólidos em suspensão ou outros materiais químicos na água pode afetar a vida dos organismos aquáticos devido à ausência de luz solar:

Resíduo total, corpos d'água com alto índice de resíduo total podem sofrer de assoreamento.

Alguns destes parâmetros possuem medições restritas a laboratórios ou a equipamentos fixos por possuírem análises mais complexas, é o caso dos coliformes termotolerantes(DBO5,20), fósforo total e resíduo total.

Assim, os parâmetros utilizados pelo IQA a serem analisados serão os de oxigênio dissolvido, pH, Temperatura da água, Nitrogênio total e Turbidez. Além disso, será analisada a condutividade da água, pois esse parâmetro indica a concentração iônica da água, bem como haverá um sensor para detecção de proximidade, a fim de se evitar colisões da boia com outros objetos fixos ou que estejam a baixas velocidades.

5.1.2 Mecanismos de coletas de dados

Conforme foi supracitado, todos os dados serão coletados por sensores integrados a boia, que enviarão os dados através de conexão móvel utilizando o protocolo MQTT, para que assim o cliente possa visualizar os resultados obtidos.

O controle das aquisições será realizado por meio de um microcontrolador ESP32, escolhido devido ao excelente custo-benefício, além de parâmetros como tamanho, peso e por possuir conectividade móvel de fábrica. Nas subseções a seguir, tanto o microcontrolador quanto os sensores serão brevemente destrinchados.

5.1.2.1 Sonda de oxigênio dissolvido e nitrogênio total

A sonda de oxigênio dissolvido inicialmente escolhido para realizar as medições é o AK84 da AKSO, sendo uma sonda de oxigênio dissolvido (OD) galvânico.

Este método usa uma membrana permeável que, inserida na água, permite que o oxigênio passe através dela. Uma vez dentro do sensor, o oxigênio reagirá com uma solução presente no cap do sensor, gerando assim uma corrente elétrica que pode ser medida. Apesar de ser um método mais simples, o sensor OD galvânico necessita de manutenções frequentes. Uma outra alternativa seria o sensor OD óptico porém ele encareceria demais o custo do projeto. Além disso, também será utilizada uma sonda.

Capítulo 5. Concepcao 35



Figura 12 – Sensor de oxigênio

5.1.2.2 Sensor de potencial Hidrogeniônico (pH)

O sensor de pH funciona de maneira simples, onde o eletrodo acoplado ao módulo (13) possui também um potenciômetro que converte o valor do potencial do eletrodo em unidades de pH. O modelo escolhido é o módulo fabricado pela casa da robótica.



Figura 13 – Sensor de pH

5.1.2.3 Sensor de temperatura

O sensor de temperatura escolhido é o DS18B20, por se tratar de um sensor à prova d'água. Ele realiza medições digitais, e possui comunicação simples com o microcontrolador, o que facilita a montagem da estrutura.

5.1.2.4 Sensor de turbidez

O sensor de turbidez funciona de maneira simples: através de um LED emissor e de um fototransistor receptor de luz, o nível de turbidez da água é calculado a partir da quantidade de luz que sai do emissor e chega até o receptor, já que quanto maior a turbidez, maior o grau de dispersão da luz. O modelo escolhido para captar estes dados é o sensor ST100(14) em conjunto com o módulo conversor, possibilitando tanto leituras analógicas quanto digitais.



Figura 14 – Sensor de turbidez

5.1.2.5 Sensor de proximidade

O sensor de proximidade será utilizado para indicar a presença de algum corpo estranho que esteja presente na trajetória da boia, evitando assim possíveis colisões com objetos fixos ou em baixa velocidade como pedras, plantas aquáticas, detritos presentes na água, animais aquáticos ou embarcações. O sensor escolhido foi o sensor ultrassônico de distância Jsn-sr04t(15), já que ele é a prova d'água.



Figura 15 – Sensor de proximidade

5.1.2.6 Sistemas de geolocalização e comunicação

Para realizar a transmissão dos dados e da localização da boia, optou-se pelo uso de um módulo adicional. O módulo escolhido foi um do modelo GSM GPRS SIM800L(16), que realiza tanto a função de comunicação, através da inserção de um cartão SIM que conecta o projeto à rede de comunicação móvel, desde que haja sinal de telefonia móvel disponível na área, quanto a função de localização, através do sistema de GPS. Esta escolha deve-se ao fato da comunicação via WiFi ou Bluetooth ser inviável, pois a boia irá se locomover dentro do lago, se distanciando dos pontos de fornecimento destes dois tipos de rede.



Figura 16 – GPS

5.1.2.7 Microcontrolador ESP32

O microcontrolador escolhido para realização do projeto foi a ESP32 DEVKIT V1 da empresa BOLTOM. A escolha do microcontrolador foi feita baseada nos seguintes critérios: capacidade de processamento suficiente para realizar o controle dos sensores, dos motores da boia e da comunicação; ótima relação custo-benefício, pois se trata de um dos modelos mais potentes de microcontrolador a um preço relativamente baixo (cerca de 60 reais, como observado na tabela 1); familiaridade que os projetistas têm em desenvolver utilizando este microcontrolador.

Este microcontrolador é amplamente utilizado em aplicações voltadas para IoT, pois além de ser pequeno e com grande capacidade de processamento, possui versões que já vem com conectividade via WiFi e bluetooth integradas. Aqui, como citado anteriormente, será utilizada a conexão via rede móvel de comunicação (2G ou 3G), mas caso no futuro haja interesse em outras formas de comunicação por parte do cliente, não será necessário adicionar mais componentes.

Especificações:

• Processador: Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6

• Memória Flash programável: 4 MB

• Memória RAM: 520 KBytes

• Memória ROM: 448 KBytes

• Clock máximo: 240 MHz

• Pinos Digitais GPIO: 11 (todos com PWM)

• Resolução do PWM: até 16 bits (ajustável via código)

• Wireless 802.11 b/g/n – 2.4GHz (antena integrada)

Modos de operação: Access Point / Estação / Access Point + Estação

- Bluetooth Low Energy padrão 4.2 integrado
- Tensão de alimentação externa: 4,5 V a 9 V (o módulo possui regulador integrado para 3,3 V)

5.1.2.8 Potência do sistema

Após as escolhas dos elementos, foi feita uma tabela para a análise de potência e escolha de bateria. A tabela pode ser vista em 15.

Sensor	Voltagem(V)	Amperagem(mA)	Potência(mW)
Oxigênio dissolvido	7.5	15	112.5
Nitrogênio total	10	20	200
Turbidez	5	30	150
pН	5	10	50
Temperatura	5	30	150
Condutividade	5	3.66	18.3
Proximidade	6	20	120

Tabela 15 – Tabela de potência

5.1.3 Controle

O produto poderá se locomover em uma área delimitada e conhecida pelo cliente, em que se poderá saber sua localização por GPS. Portanto, para essa locomoção será necessário um sistema de controle.

O sistema será automático, com opções para o cliente, ou seja, ele não poderá manobrar a boia, visto que assim é dado ao cliente uma maior proteção e verificação do funcionamento. As opções serão dadas via dashboard, que serão as seguintes:

- Voltar para "casa": uma opção em que a boia vá para o local de ser retirada da água, para alguma manutenção ou mesmo para o recolhimento do produto.
- Área delimitada: para a utilização da boia será necessário o conhecimento da área do lago,
 e a partir desse conhecimento, o cliente escolhe que área que ela irá se delimitar e essa área fica fixa

Para a montagem de um sistema de controle é necessário formar ideias básicas. Nos livros estudados de controle (NISE, 2012) e (OGATA, 2010) e na aula (ALMEIDA,) são vistas definições básicas para se começar, sendo controle a manipulação de variáveis do sistema a fim de que elas assumam o valor desejado.

O nosso processo é a movimentação regularizada da boia, esse é o sistema físico que é desejado o controle. A variável controlada, também conhecida como saída, é a variável que

deverá ser forçada a uma trajetória de referencia, ou seja, será a área delimitada que a boia deverá seguir(a trajetória da boia). A variável manipulada ou entrada é a que o sistema atua, a que é modificada para seguir o foco do sinal de referência, sendo assim é a direção dos motores, o atuador é o aparelho que recebe o sinal de entrada, os motores.

Depois do atuador é o controlado, a esp32 que recebe e manda o sinal para o processo ser continuado, e por fim, a realimentação, que é o sensor infravermelho para identificação de objetos e desvios no caminho para evitar acidentes, a partir da realimentação, o sistema mede a variável de saída, e modifica de acordo com ela para seguir o mais fiel possível o sinal desejado.

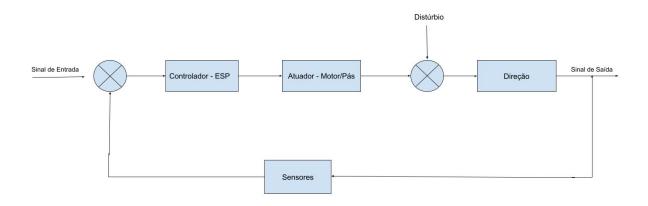


Figura 17 – Base do sistema de controle

Com todas as informações, foi montado a base do sistema de controle, mostrado na imagem 17, nela é mostrada a ordem dos elementos explicados no texto. O sistema funcionará a partir dos dados de GPS coletados, a boia seguirá no caminho desejado, esse sinal irá para o controlador, movimentando cada pá para seguir para esquerda/direita, frente/trás e o sensor infravermelho detectará as possíveis falhas e obstáculos no caminho, podendo haver alguns distúrbios em que a boia detectará alguma movimentação.

5.1.4 Sistema embarcado

Na figura 18, pode-se visualizar o esboço inicial de ligações para o sistema embarcado. Tirando o módulo de comunicação GSM GPS, que obrigatoriamente deve ser conectado aos pinos GIOP1 e GIOP3, que são, respectivamente, os pinos de TX e RX, os outros sensores foram arbitrariamente distribuídos entre os pinos de porta presentes no microcontrolador. Percebe-se que ainda há uma grande disponibilidade de portas para realizar as futuras ligações com o sistema de controle das pás, bem como haja necessidade futura de acréscimo de algum componente. Todos os sensores, seus objetivos e funcionamentos foram destrinchados anteriormente.

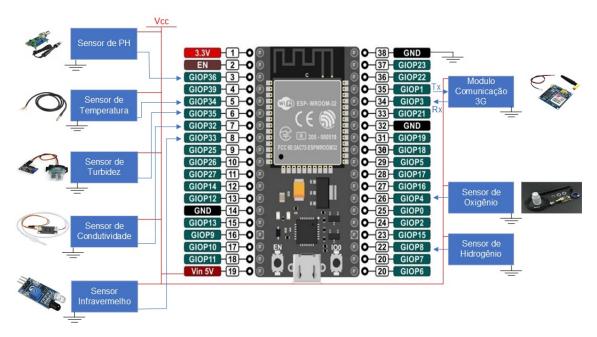


Figura 18 – Base do sistema de controle

5.1.5 Sistema de sinalização

Uma das maiores preocupações do projeto é a visibilidade da boia enquanto ela se movimenta para a captação de dados. A partir disso, vai ser implantado um sistema de sinalização, localizado na ponta superior da estrutura 10, em que terá iluminação, que poderá ser escolhida e programada pelo cliente. A iluminação é sugerida ser utilizada para:

- Iluminação noturna;
- Localização para barcos;
- Enfeitar os lagos deixar o visual da boia mais elegante

5.1.6 Fluxograma de funcionamento do sistema

O fluxograma 19 mostra a lógica de funcionamento inicial do produto, e foi elaborado com o objetivo de facilitar a compreensão do processo que será realizado pela boia, para que se possa avaliar as etapas separadamente e auxiliar no processo de elaboração do protótipo.

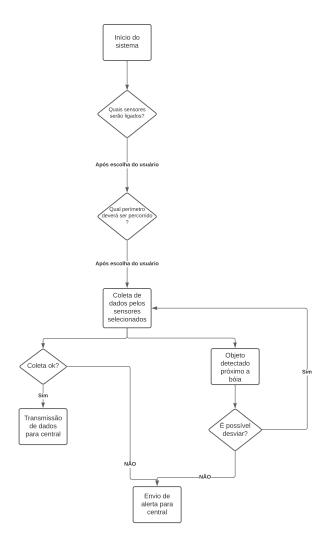


Figura 19 – Fluxograma do funcionamento do sistema

5.2 Software

5.2.1 Especificações de Software

1) Objetivo

• Essa seção do documento tem como intuito especificar a parte referente a atuação de software na boia, detalhando suas características e importância no projeto.

2) Escopo

• As aplicações envolvidas no funcionamento do sistema foram projetadas com o objetivo de captar e processar os dados das boias, para mostrar ao usuário os parâmetros necessários para a análise da qualidade da água. Por ser um dispositivo que deve coletar informações da água e mostrar de forma organizada para o usuário, ele deve possuir softwares diferentes envolvidos, desde a aquisição de dados dos sensores até a visualização em uma página web.

3) Visão Geral do Produto

- Visão do Produto
 - a) Os sistemas envolvidos tem como objetivo facilitar o acesso do usuário aos dados de um determinado corpo de água doce, a partir de uma boia que centraliza diversos sensores responsáveis por captar informações aquáticas e mostrálos em uma página web. Dessa forma, os softwares serão responsáveis pelas interações embarcado-servidor que receberá os dados dos sensores e servidor-interface que os disponibilizarão para a leitura de um usuário, de uma forma que seja simples, com boa usabilidade, acessível e fluida.

4) Funcionalidades

- a) Acesso
 - O usuário deve ser capaz de realizar login na plataforma web para visualizar a boia.
- b) Visualização de dados
 - O usuário deve ser capaz de visualizar os dados atuais, os parâmetros para comparação, o histórico e a atual localização da boia.
- c) Super-usuário
 - Deve ser possível o cadastro de um super-usuário no servidor, este terá permissões e privilégios específicos para efetuar determinadas operações que um usuário comum não poderá.

d) Gerenciar boias

• O super-usuário deve ser capaz de gerenciar as boias, podendo adicionar novas ou excluir alguma já existente.

5) Arquitetura de Software

• A solução arquitetural do projeto pode ser vista de forma macro na figura 20. A arquitetura proposta é constituída por cinco módulos: interface gráfica (front-end), servidor API (back-end), banco de dados, Broker e dispositivos embarcados.

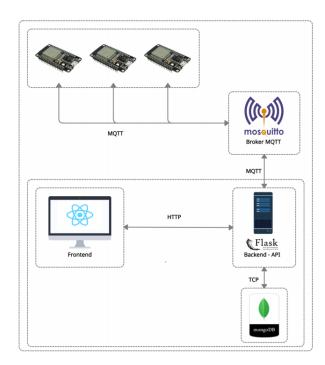


Figura 20 – Visualização geral da Arquitetura de Software do projeto. Fonte: Autores

6) Serviços

a) Front-end

• O *front-end* é o módulo de interface que permite a interação do usuário com a aplicação. O sistema previsto é uma aplicação *web*. A principal vantagem desse modelo é que nesse tipo de sistema o usuário pode acessar e interagir com a plataforma via navegador, logo, não há a necessidade de instalação da aplicação. Na construção do *front-end* é utilizado a linguagem *javascript* junto ao *framework React* para auxiliar no desenvolvimento e permitir maior manutenibilidade e entendimento do código.

b) Back-end

• O *back-end* é o módulo responsável por prover e estruturar os recursos necessários para que o *front-end* corresponda de modo satisfatório à interação do usuá-

rio. No *back-end* é implementada a lógica de negócio e o controle dos dispositivos embarcados. Para a construção do *back-end* é utilizado o micro *framework Flask* que utiliza a linguagem *Python* para o desenvolvimento.

c) Banco de Dados

O banco de dados é o módulo responsável por persistir os dados do sistema. Foi
decidido utilizar o *MongoDB*, sistema gerenciador de banco de dados não relacional baseado em documentos. Os bancos de dados não relacionais costumam
ser mais leves pois não precisam manter várias estruturas existentes nos bancos
relacionais, além disso possuem transações rápidas.

d) Broker

• O *broker* é o módulo responsável por gerir as publicações e as subscrições do protocolo *Message Queuing Telemetry Transport(MQTT)*, mediando a comunicação entre os dispositivos embarcados e o servidor. O protocolo *MQTT* possui grandes vantagens em projetos *IoT*, como segurança, codificação mais simples, baixa alocação de banda e permite a comunicação de vários dispositivos de forma simples.

e) Dispositivos Embarcados

Os dispositivos embarcados são os responsáveis por coletar os dados para alimentar o sistema, a partir dos sensores.

7) Arquitetura da Informação

a) Protótipo

 O protótipo foi desenvolvido com o objetivo de cumprir os requisitos no que diz respeito á visualização de dados e controle do sistema que são necessários aos usuários.

Na figura 21 é possível ver o *dashboard* de dados referente á uma boia, além da localização atual da mesma em um mapa.

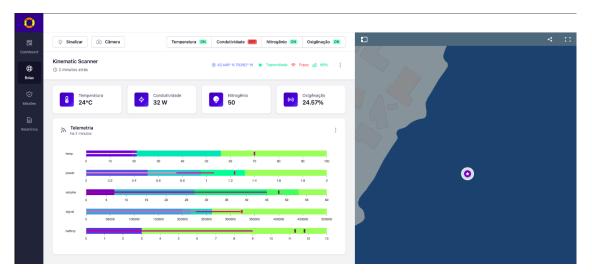


Figura 21 – Dashboard de controle e visualização individual. Fonte: Autores

8) Inovação no Software

- a) *Internet Of Things* (IOT)
 - A internet das coisas, do inglês *Internet of Things (IoT)*, visa conectar dispositivos heterogêneos, tanto em hardware quanto em software, dotados de sensores e atuadores de modo que sejam capazes de interagir com o mundo físico, coletar vários tipos de variáveis de ambiente e apoiar processos de tomada de decisão (SANTANA et al., 2020).

O projeto utiliza *IoT* pela necessidade do desenvolvimento de um sistema que realizasse a integração entre diversos sensores e atuadores empregados na construção do flutuador com o sistema de processamento e monitoramento dos dados no servidor central da solução.

5.3 Energia

5.3.1 Especificações de Energia

1) Objetivo

• Essa seção do documento tem como intuito especificar e explicar a parte de Energia na boia aquática, detalhando suas características e importância no projeto.

2) Escopo

- O sistema de monitoramento de água doce é um sistema móvel e autônomo, que para se movimentar no perímetro é necessário que exista uma rede de alimentação de energia, diante dessa ocasião, o sistema escolhido foi o sistema off-grid, que utilizará como fonte de energia os raios solares que carregará um conjunto de baterias de lítioíon, este conjunto irá abastecer o sistema em períodos que não ocorre incidência solar.
- O sistema off-grid será compostos de 4 tipos de componentes, sendo eles:
 - a) Módulo Fotovoltaico Composto por um conjunto de células solares produzidas normalmente por silício e é utilizado para a captação da luz do sol, com a função de converter a luz solar em energia elétrica.
 - b) Controlador de carga MPPT Geralmente utilizados em sistema off-grid, são os responsáveis por proteger as baterias controlando o seu processo de carga e descarga, prolongando a vida útil das baterias e garantindo uma eficiência maior no armazenamento da energia produzida. Esse tipo de controlador busca o ponto de máxima potência do módulo ou painel solar, aproveitando o máximo de potência que o painel tem a oferecer e ainda tem a capacidade de monitorar

47

- a produção da energia e reduzir as perdas do sistema, promovendo assim, uma maior eficiência.
- c) *Baterias de chumbo-ácido* O conjunto de baterias para armazenamento da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos.

Assim, podemos esboçar esse sistema por meio de um diagrama de blocos como a figura 22.

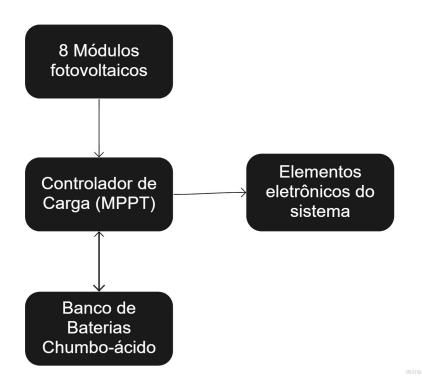


Figura 22 – Diagrama de Blocos do Subsistema de Alimentação. Fonte: figura gerada com a ferramenta *Miro* pelos próprios autores.

3) Visão Geral do Produto

- · Visão do Produto
 - a) O sistema de monitoramento de água doce é um sistema móvel e autônomo, que para se movimentar no perímetro seja necessário que exista uma rede de alimentação de energia, diante dessa ocasião, o sistema escolhido foi o sistema off-grid, que utilizará como fonte de energia os raios solares que carregará um conjunto de baterias de chumbo-ácido, este conjunto irá abastecer o sistema em períodos que não ocorre incidência solar.

5.4 Estruturas

5.4.1 Flutuabilidade e Estabilidade

Afim de garantir o funcionamento correto do produto, os preceitos básicos de flutuabilidade e estabilidade do sistema devem ser assegurados. A flutuabilidade de um corpo ocorre devido a diferenciação de pressão entre sua superfície inferior e superior, enquanto a estabilidade deste corpo será definida a partir de sua geometria e distribuições mássicas(figura 23).

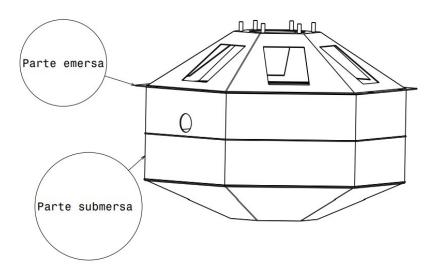


Figura 23 – Estrutura emersa e submersa

O primeiro objetivo deste tópico é garantir que o sistema flutue e seja possível dimensionar o ponto exato em que dividirá a parte emersa e submersa do corpo. O que garante tal efeito surge a partir da equação da força de empuxo.

$$B = \left[\iiint_V \rho(z) \, dV \right] g\hat{k} \right]$$
 (5.1)

A equação acima, retirada de (HARTE, 2011), mostra o conceito desta força.

Neste sentido, foi definido uma área para preenchimento do corpo com espuma de poliuretano de baixa densidade, que possui valores de 28 a $50 \text{ kg/}m^3$. A quantidade e volume preenchido deverá ser dimensionado a partir do peso total da estrutura, garantindo uma força de empuxo maior a partir da superfície delimitada de emersão.

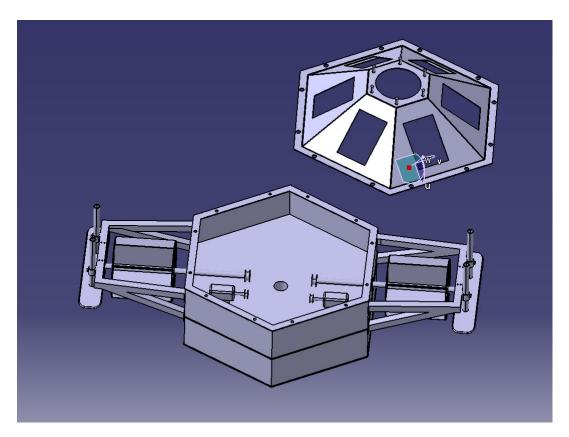


Figura 24 – Cavidade para Preenchimento da Espuma de Poliuretano

A figura 24 mostra a cavidade que será preenchida com a espuma, evitando contato direto com os eixos e motores para seu funcionamento correto. Suas dimensões serão definidas a partir da necessidade de material de baixa densidade para assegurar a flutuabilidade do sistema. A princípio, o volume de espuma utilizado será de aproximadamente 0,31 m³.

Quanto a estabilidade, ela será garantida a partir da disposição geométrica do corpo. Para que isso aconteça é necessário dispor de um centro de gravidade em uma posição que ao se deslocar o eixo da força de empuxo, ou seja, ao rotacionar, um momento seja aplicado por esta no sentido de voltar a posição original.

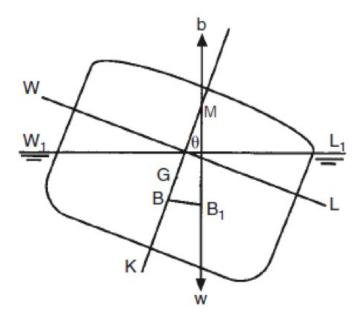


Figura 25 – Metacentro Transversal

Da figura 25 temos um exemplo de corpo deslocado de seu ponto de estabilidade. Onde G corresponde ao centro de gravidade, θ o ângulo de deslocamento, e M o chamado metacentro transversal. Este metacentro transversal é o ponto onde, ao se rotacionar o corpo e alterar o eixo de aplicação da força de empuxo, este eixo se encontra com o eixo longitudinal inicial do corpo. Este ponto possui grande importância para a estabilidade do corpo, pois quanto maior sua altura em relação ao centro de gravidade, maior será o momento gerado forçando o retorno do corpo a posição inicial.

Desta forma, o sistema deve ser dimensionado de maneira a impor um centro de gravidade na posição mais baixa possível, mantendo a segurança dos equipamentos internos, e além disso, possuir uma área submersa grande o suficiente para gerar as forças de empuxo necessárias a estabilidade.

5.4.2 Materiais

A escolha dos materiais adequados para cada componente estrutural deve levar em consideração como fatores principais os requisitos de projeto a serem satisfeitos, e a aplicabilidade dos materiais em questão de acordo com suas funções previamente determinadas. Além disso, outros fatores como custo, disponibilidade de materiais, processos de fabricação e sustentabilidade devem ser considerados.

A estrutura da boia foi dividida em cinco partes em que foram analisados os principais requisitos a serem alcançados e os materiais mais adequados a serem implementados.

5.4.2.1 Estrutura Submersa

Para a escolha dos materiais da estrutura submersa foi necessário o estudo de questões relacionadas à flutuabilidade e estabilidade da boia, bem como a análise de fatores relacionados à resistência mecânica e resistência à corrosão necessários para garantir a integridade, operabilidade e durabilidade dos componentes estruturais, levando-se em consideração as condições climáticas e ambientais do meio a qual a boia estará exposta. Com isso, a ampla gama de materiais já utilizados extensamente na indústria de construção naval seriam as melhores opções para suprir esses requisitos.

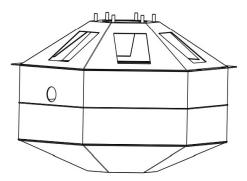


Figura 26 – Estrutura de fibra e espuma PVC

Entre os inúmeros tipos de materiais utilizados na construção de embarcações, o fibrereinforced plastic, ou FRP(imagem 27), foi o material escolhido para compor a estrutura que estará submersa. Este material é um compósito formado por uma matriz polimérica reforçada com fibra. Para este caso, a fibra escolhida foi a fibra de vidro, e o poliéster foi o polímero escolhido. Este material é caracterizado por possuir as propriedades mecânicas desejadas, como por exemplo alta resistência à fadiga, razão entre resistência à tração e massa específica adequada, baixo peso e alta resistência à corrosão.



Figura 27 – Fibra de Vidro e resina poliéster

A fim de se obter uma maior eficiência estrutural, alta resistência e rigidez, alta durabilidade e baixo peso, a construção em sanduíche com espuma de PVC foi a escolhida(imagem 28). As espumas de PVC são caracterizadas por possuírem uma elevada resistência a esforços compressivos e cisalhantes, oferecendo um bom desempenho estrutural juntamente com um baixo peso.



Figura 28 – Espuma de PVC

5.4.2.2 Compartimento Superior Flutuante

A parte superior que estará acima da linha d'água formará o compartimento em que os sistemas eletrônicos e de alimentação serão implementados. Com isso, a estrutura deve satisfazer os requisitos que garantem a integridade dos equipamentos, além de que a flutuabilidade e estabilidade não podem ser comprometidas.

Dessa forma, para o revestimento da cavidade interna deste compartimento, a preferência foi dada a um material leve, capaz de garantir uma flutuação positiva e de reter água, resultando na escolha da espuma de poliuretano de célula aberta.

5.4.2.3 Tubulação

A tubulação interna conduzirá a fiação dos equipamentos eletrônicos alocados no compartimento superior até o compartimento inferior da boia que estará em contato direto com a água, atravessando assim a cavidade da estrutura submersa, como mostrado na imagem 29. Ao cruzar esta cavidade, a tubulação estará em contato direto com a água de lastro da boia.

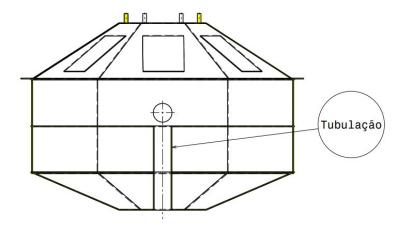


Figura 29 – Tubulação que conecta a parte inferior com a superior

Para a escolha do material adequado, foram consideradas características essenciais, como vedação e alta resistência para a proteção da fiação. Consequentemente, o material escolhido foi o FRP, igualmente utilizado na estrutura submersa da boia.

5.4.2.4 Conexões e pás

A conexão dos motores com as pás se dará por meio de eixos propulsores, cujo material escolhido foi o aço inoxidável, por suas propriedades de resistência à corrosão e ao desgaste. Para a vedação dos eixos propulsores, serão utilizados rolamentos de cerâmica que são capazes de proporcionar alta resistência e selagem adequada. Para as pás, o aço inoxidável também foi escolhido, por ser uma material que garante a resistência aos esforços de fadiga e torção as quais elas serão submetidas.

5.4.2.5 Mancais e boias flutuantes

Os mancais serão responsáveis por proteger os eixos das pás e evitar que estes sofram esforços mecânicos que possam causar flambagem(imagem 30). O material escolhido para esses componentes foi o metalon galvanizado, por ser um material leve e durável com propriedades antioxidantes e anticorrosivas. Já as boias flutuantes também serão compostas pelo FRP, e suas cavidades internas serão preenchidas com espuma de PVC, a fim de garantir maior flutuabilidade.

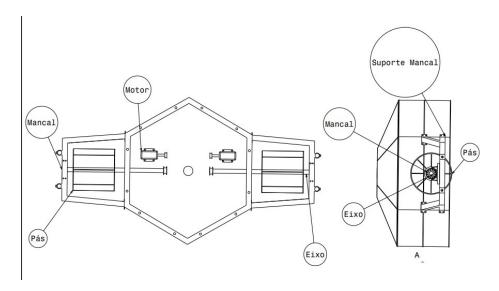


Figura 30 – Sistema de eixo, mancal, motor e pás

5.4.3 Sistema de movimentação do sistema flutuante

O grupo definiu que o sistema será movido por meio de duas pás, similar a apresentada na figura 31, alocadas à 180 graus uma da outra, nas laterais da boia, pois o sistema proposto ficaria mais robusto, de mais fácil implementação e manutenção. Para mover as pás serão utilizados dois motores, independentes, similares ao mostrado na figura 32, de 24v que geram até 130rpm, que serão alocados dentro da estrutura para proteger das intempéries. A alimentação do motor será por meio de baterias (figura 33) que serão carregadas por placas fotovoltaicas e também dispostas dentro da estrutura. As pás serão fabricadas em material resistente à corrosão e impactos, será feito seu desenho técnico e implementado por fabricação em CNC. O motor, as placas fotovoltaicas e as baterias, serão adquiridos no mercado e colocados para funcionar em conjunto com as pás, que serão fabricadas pela equipe, a integração se dará por meio de eixos, engrenagens ou polias, e correias.



Figura 31 – Exemplo de pá para mover sistema flutuante para monitoramento de água



Figura 32 – Exemplo de motor a ser utilizado para movimentar o sistema flutuante



Figura 33 – Exemplo de bateria a ser utilizada para movimentar o sistema flutuante

5.4.4 Resposta dinâmica do sistema

Afim de garantir um melhor desempenho dos sistemas propulsores e assegurar sua manobrabilidade, alguns conceitos devem ser levados em consideração. Primeiramente, o dispositivo de propulsão escolhido foram as rodas de pás, que possuem cálculos relacionados ao seu empuxo bem definidos. Tais cálculos encontram-se presentes em detalhes com seus desenvolvimentos na referência (SAUNDERS, 1957).

$$T(per - effective - blade) = \rho(s)hV_o(V_o - V)$$
(5.2)

Onde T corresponde ao empuxo, ρ corresponde a densidade, (s)h a área da pá, V^{o} a velocidade tangencial da roda, e V a velocidade da embarcação.

Tal equação aponta uma das variáveis de performance que serão dimensionadas posteriormente, considerando a geometria da roda e das pás.

Outro fator importante encontra-se na manobrabilidade do sistema, que possui como proposta se mover com a utilização de duas rodas de pás que funcionam de maneira independente, sendo possível alterar o ângulo de direção desejado ao fazê-las giraram em sentidos opostos. Desta forma, fatores como o arrasto de fricção serão calculados de maneira a aproximar as dissipações de energia com a redução de velocidade angular necessária a parada da embarcação no ângulo correto, reduzindo assim a quantidade de energia gasta pelas baterias em um sistema ativo de frenagem.

Apesar dessas considerações, será necessário calcular possíveis correções de trajetória

a partir de pequenos movimentos dos dispositivos propulsivos, regulando com maior precisão o direcionamento desejado. Por fim, imediatamente depois da mudança de direção, os dois motores serão acionados conjuntamente para um movimento retilíneo, estabilizando o sistema.

Referências

ALMEIDA, H. L. S. *Introdução aos Sistemas de Controle*. Disponível em: http://www.del.ufrj.br/~heraldo/eel660_slides_01_Introducao_aos_Sistemas_de_Controle.pdf>. Citado na página 38.

ALMEIDA, T. H. S. d. et al. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico grid-tie e off-grid para alimentação de energia elétrica do laboratório hidráulico do ccta/ufcg. Universidade Federal de Campina Grande, 2018. Nenhuma citação no texto.

AMBIENTE-CONAMA, C. N. D. M. *Soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos - 2ª Edição*. 2013. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguas-Solucao2aEd.pdf>. Nenhuma citação no texto.

ARTIGO 54 da Lei nº 9.605. Disponível em: https://www.jusbrasil.com.br/busca?q=art.+54+da+lei+de+crimes+ambientais. Nenhuma citação no texto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16145: Acumulador de lítio-íon para aplicação estacionária em 48 V c.c. - Especificações. Rio de Janeiro. 2013. Nenhuma citação no texto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16767: Elementos e baterias estacionárias para aplicação em sistemas fotovoltaicos não conectados à rede elétrica de energia (off-grid) - Requisitos gerais e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2019. Nenhuma citação no texto.

BAGHERPOUR, S. Fibre reinforced polyester composites. IntechOpen, Setembro 2012. Nenhuma citação no texto.

C., M. A. *Legislação Brasileira sobre Poluição Hídrica*. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/impactos_sobre_as_aguas/legislacao_brasileira_sobre_poluicao_hidrica.html. Nenhuma citação no texto.

CHANDRASEKARAN, S.; JAIN, A. K. *Ocean Structures, Construction, Materials, and Operations*. [S.l.]: CRC Press, 2016. Nenhuma citação no texto.

CONAMA. *RESOLUÇÃO CONAMA N° 357*. 2005. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>. Citado na página 10.

CONAMA. *RESOLUÇÃO CONAMA Nº 454*. 2012. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2012/res_conama_454_2012_materialserdragadoemaguasjurisdicionaisbrasileiras.pdf>. Citado na página 8.

CONSTRUINDO com Espumas de PVC. Disponível em: https://www.manualdeconstrucaodebarcos.com.br/construindo-com-espumas-de-pvc/. Nenhuma citação no texto.

COSTA, F. M. Dossiê técnico: Construção, reparo, conservação, manutenção e navegação em embarcações. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT), Fevereiro 2012. Nenhuma citação no texto.

Referências 59

ENQUADRAMENTO - BASES LEGAIS. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-legais.aspx. Nenhuma citação no texto.

FERIOLI, K. et al. Projeto de sistema fotovoltaico isolado (off grid) para residências. *IESAM: Belém*, 2005. Nenhuma citação no texto.

GAGLIARDO, D. P.; MASCIA, N. T. Análise de estruturas sanduíche: parâmetros de projeto. *Ambiente Construído: Porto Alegre*, v. 10, n. 4, 2010. Nenhuma citação no texto.

HARTE, N. B. D. *An application of paddlewheel propulsion to a high speed craft*. 2011. Disponível em: https://www.marinepropulsors.com/smp/files/downloads/smp11/Paper/FA3-1 Harte.pdf>. Citado na página 48.

HéLICE, Tipos e Construção de Hélices para Navios. Disponível em: https://aco.com.br/ helice-tipos-de-helices-e-construção-de-helices/>. Nenhuma citação no texto.

JUCá, S. *Apostila de Microcontroladores PIC e Perifericos* | *Passei Direto*. Disponível em: https://www.passeidireto.com/arquivo/23338227/ apostila-de-microcontroladores-pic-e-perifericos>. Nenhuma citação no texto.

MéTODOS de Construção ou Sistemas Construtivos. Disponível em: http://www.estaleirofranzen.com.br/projetos/metodos.htm. Nenhuma citação no texto.

NISE, N. Engenharia de sistemas de Controle. [S.1.]: LTC, 2012. v. 6. Citado na página 38.

OGATA, K. Modern Control Engineering. [S.l.]: Pearson, 2010. v. 5. Citado na página 38.

PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. P. de. Comparator with hysteresis reference design. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/esa/a/3vdKr9CwYmvbbdSz9Zz6Zpv/?lang=pt. Citado na página 8.

SAUNDERS, H. E. *Hydrodynamics in ship design*. 1957. Disponível em: https://openlibrary.org/works/OL7434125W/Hydrodynamics_in_ship_design. Citado na página 56.

SOUSA, T. L. de; ZAMPERIN, J. Análise e dimensionamento de um sistema fotovoltaico off-grid em um food truck. *Revista Engenharia em Ação UniToledo*, v. 2, n. 1, 2017. Nenhuma citação no texto.

