

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

KÊNIA MORGANA DE VASCONCELOS SARACENI

COLETOR DE LIXO MARINHO ESTÁTICO E AUTÔNOMO FOCADO EM
RESÍDUOS DE SUPERFÍCIE A PARTIR DE ESTUDOS DE CENÁRIO

Itajaí

13/08/2023

KÊNIA MORGANA DE VASCONCELOS SARACENI

COLETOR DE LIXO MARINHO ESTÁTICO E AUTÔNOMO FOCADO EM
RESÍDUOS DE SUPERFÍCIE A PARTIR DE ESTUDOS DE CENÁRIO

Monografia apresentada à
Engenharia Elétrica do
Câmpus Itajaí do Instituto
Federal de Santa Catarina
para a obtenção do diploma
de Bacharel.

Orientador: Dr. Roddy
Alexander Romero
Antayhua

Coorientador: Dr. Leonardo
Francisco Machado

Itajaí

13/08/2023

Ficha de identificação da obra elaborada por Eliane Pellegrini (CRB 14/1218)
Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC - Campus Itajaí

Saraceni, Kênia Morgana de Vasconcelos

Coletor de lixo marinho estático e autônomo focado em resíduos de superfície a partir de estudos de cenário / Kênia Morgana de Vasconcelos Saraceni ; orientador, Roddy Alexander Romero Antayhua ; coorientador, Leonardo Francisco Machado, 2023.

66 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí, Graduação em Engenharia Elétrica, Itajaí, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Elétrica. 2. Plástico. 3. Lixo marinho. 4. Coletor de lixo. I. Antayhua, Roddy Alexander Romero Antayhua. II. Machado, Leonardo Francisco. III. Instituto Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Elétrica. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos/familiares, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao professor Roddy Romero, por ter aceitado assumir a orientação e a desempenhado com maestria.

Ao professor Leonardo Machado, pela coorientação e ideação do projeto.

Ao professor Elisardo Porto, por ter auxiliado na estrutura mecânica do protótipo.

RESUMO

A indústria de plástico vem crescendo desde os anos 50, devido a vasta aplicação e baixo custo. Estima-se que apenas 9% sejam enviados para reciclagem, sendo um dos destinos o oceano, com mais 900 espécies que já ingeriram ou sofreram com o enredamento. Coletores de lixo marinho adentraram o mercado em 2014, atendendo rios e regiões portuárias. O presente trabalho tem como objetivo a adaptação de um coletor de lixo marinho de superfície a partir de estudo de modelos disponíveis para instalação na Marina de Itajaí, além do desenvolvimento de monitoramento em tempo real com comunicação ao usuário. Na plataforma Adafruit, o coletor foi monitorado a partir de sensores de níveis e distância através de conexão com microcontroladores, utilizando sistema de alimentação fotovoltaica, compondo um sistema híbrido. Foram realizados testes em ambientes controlados, verificando o funcionamento dos sensores utilizados e melhorias na comunicação e tratamento de dados para futuros projetos.

Palavras-chave: Plástico. Coletor. Lixo. Marinho. Sensores.

ABSTRACT

The plastic industry has been growing since the 1950s, due to its wide application and low cost. It is estimated that only 9% are sent for recycling, one of the destinations being the ocean, with over 900 species that have already ingested or suffered from entanglement. Marine garbage collectors entered the market in 2014, serving rivers and port regions. The present work aims to adapt a surface marine garbage collector based on the study of models available for installation in the Itajaí Marina, in addition to the development of real-time monitoring with communication to the user. On the Adafruit platform, the collector was monitored from level and distance sensors through connection with microcontrollers, using a photovoltaic power system, composing a hybrid system. Tests were carried out in controlled environments, verifying the functioning of the sensors used and improvements in communication and data processing for future projects.

Keywords: Plastic. Collector. Trash. Marine. Sensors.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Destino da produção de plástico em 2021	13
Figura 2 - Divisão de tipos de plástico produzidos em 2021	13
Figura 3. Classificação do lixo por tamanho	14
Figura 4. Densidade do lixo marinho. (a) Densidade por tipo de lixo (b) Densidade por origem	15
Figura 5. Coletor automático alimentado por placas fotovoltaicas	17
Figura 6. Mr. Trash Wheel em funcionamento no rio de Baltimore	18
Figura 7 - Coletor Seabin Project	19
Figura 8. Wasteshark	19
Figura 9. Ecobarreira	20
Figura 10. Visita in loco a Marina de Itajaí. (a) Contenção através de redes (b) Acúmulo de lixo junto aos barcos (c) Acúmulo de lixo no último deck	21
Figura 11. Pontos de tomadas	22
Figura 12. Sensor de nível sem contato	26
Figura 13. Sensor de nível (a) horizontal (b) vertical	26
Figura 14. Sensor de fluxo de água	27
Figura 15. Sensor ultrassônico	28
Figura 16. Sensor de distância JSN	28
Figura 16. Balde utilizado para carcaça	29
Figura 17. Modelo de cálculo vazão bomba	31
Figura 18. Instalação elétrica	32
Figura 19. Instalação hidráulica	32
Figura 20. Adição de alças para fixação da carcaça.	33
Figura 21. Estrutura fixada no tanque de teste no Campus Itajaí.	34
Figura 22. Coleta de micro plásticos.	35
Figura 23. Coleta de lixos com bomba de 9000 L/h	36
Figura 24. Instalação hidráulica para entrada e saída de água da bomba 3	37
Figura 25. Local de testes para bomba 3	37
Figura 26. Estrutura interna para malha de coleta	38
Figura 27. Objetos coletados durante testes (a) folhas (b) garrafas e rótulos	39
Figura 28. Modelo de cálculo para dimensionamento da bateria	40
Figura 29. Diagrama de ligações do sistema	41
Figura 30. Ligações do controlador de carga	41
Figura 31. (a) Instalação do painel fotovoltaico (b) Ligação bateria e inversor de tensão	42
Figura 32. Conexão HC-06 com Arduino Uno utilizando o software fritzing	43
Figura 33. Esquema de ligações modo Bluetooth	44
Figura 34 - Telas principais do aplicativo de monitoramento durante desenvolvimento	44

Figura 35 - Sistemas de blocos	45
Figura 36. Gravação Código do ESP-01	46
Figura 37. Transmissão de dados através de monitor serial	46
Figura 38. Ligações Arduino, ESP-01 e sensores (a) Teste (b) Esquemático utilizando o software fritzing	47
Figura 39. Estrutura de testes com sensores com indicativo do fluxo de d'água	48
Figura 40. Dashboard desenvolvido para monitoramento do coletor em teste	49
Figura 41. Diagrama de ligações do sistema com sensores	49
Figura 42. Detecção de pulsos a partir do sensor de fluxo	55
Figura 43. Monitoramento através da plataforma Adafruit	56
Figura 44. Comportamento das variáveis (a) fluxo (b) distância (c) estado do coletor	56
Figura 45. Status do coletor (a) Cheio de lixo (b) Cheio com água (c) Vazio	57
Figura 46. Comportamento das variáveis pós ajuste (a) fluxo (b) distância (c) estado do coletor	59
Figura 47. Acompanhamento variáveis: (a) distância (b) aviso coletor	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Categoria de coletores	15
Tabela 2. Critérios avaliados durante pesquisas.	23
Tabela 3. Comparação entre os modelos pesquisados.	25
Tabela 4. Dimensões carcaça da Seabin Project.	30
Tabela 5. Tipos de bomba utilizados nos testes.	31
Tabela 6. Custos dos testes da bomba 1	50
Tabela 7. Custos dos testes com a bomba 3	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	10
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivo específico	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 Situação Marinha: vida e lixo	12
2.2 Modelos de coletores	15
2.2.1 Coletor Automático Alimentado por Placas Fotovoltaicas - Universidade Vimal Jyothi	16
2.2.2 Mr. Trash Wheel	17
2.2.3 Seabin Project	18
2.2.4 Wasteshark	19
2.2.5 Ecobarreiras	19
3 METODOLOGIA	21
3.1 Locais de Coleta	21
3.2 Comparação e escolha de coletor dentre os modelos (Prós e Contras)	22
3.2.1 Custo do Projeto	23
3.2.2 Facilidade de manejo	23
3.2.3 Possibilidade de uso 24h	23
3.2.4 Eficiência Energética	24
3.2.5 Sensoriamento	24
3.2.6 Rapidez e eficiência na coleta	24
3.2.7 Escolha do coletor	24
3.3 Tipos de Sensores	25
3.3.1 Sensor de nível	25
3.3.1.1 Sensor de nível sem contato	25
3.3.1.2 Sensor de nível	26
3.3.2 Sensor de fluxo d'água	26
3.3.3 Sensor de distância ultrassônico	27
3.3.3.1 Padrão	27
3.3.3.2 Sensor de distância JSN	28
3.4 Testes	28
3.4.1 Teste de movimento	29
3.4.2 Escolha e teste da bomba	30
3.4.2.1 Teste Bomba 1	31
3.4.2.2 Teste Bomba 2	35
3.4.2.3 Teste Bomba 3	36
3.4.2.4 Análise pós testes	39
3.4.3 Sistema de alimentação alternativo	39

3.4.4 Monitoramento e comunicação com usuário	42
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	53
5 CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXO	67

1 INTRODUÇÃO

A indústria de plástico vem crescendo desde os 50, graças a sua vasta aplicação e baixo custo. Com o crescimento populacional a demanda por plástico explodiu. Em média, cerca de 400 milhões de toneladas são produzidas anualmente, sendo apenas 9% recicladas. Dentre esta quantidade, 4,4% estão concentrados na América Latina, sendo 11 milhões provindos do Brasil (BOLL, 2020).

Com a chegada da COVID-19, a situação se intensificou. De acordo com a ABRELPE, a associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais, desde o início da pandemia o consumo de plástico aumentou cerca de 25% a 30% (LEÓN, 2021). Desde a necessidade de máscaras ao delivery de comida e produtos, o plástico nunca esteve tão presente no mercado, conseqüentemente, a quantidade de lixo produzido também acompanhou a demanda.

No Brasil, cerca de 80 milhões de toneladas de lixo são produzidas anualmente, sendo que 16,8% é composto por plástico (ECODEBATE, 2021). Apesar de existir o tratamento de lixo, um dos destinos dos resíduos é o oceano. De acordo com a Oceana Brasil, 325 mil toneladas de plástico são lançadas anualmente ao mar. Isto se dá pelo fato de 40% dos resíduos normalmente serem enviados a lixões abertos (GONÇALVES, 2021). O problema da não gestão dos resíduos afeta principalmente a vida marinha. Um em cada dez animais marinhos já ingeriram ou morreram por conta deste encontro com o plástico (IWANICKI, 2020). Até 2040 é previsto que o volume de plástico nos oceanos quadruple (IWANICKI, 2020) além de a ingestão de plástico alcançar 95% das espécies de aves oceânicas até 2050 (CSIRO, 2021).

Por esta razão, este projeto tem como objetivo adaptar um protótipo de coletor de lixo marinho e desenvolver monitoramento em tempo real, a partir do modelo escolhido que é desenvolvido pela empresa Seabin (SEABIN, 2022) e local de aplicação sendo a Marina de Itajaí.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Adaptar coletor de lixo marinho de superfície e desenvolver monitoramento em tempo real a partir de estudo de cenário.

1.1.2 Objetivo específico

Estudar a região de aplicação do coletor a partir do tipo de lixo e espaço disponível.

Estudar e selecionar coletor dentre os modelos disponíveis para a Marina de Itajaí.

Implementar protótipo funcional inspirado no modelo de coletor selecionado com sistema de alimentação híbrido (rede e *off-grid*)

Desenvolver o monitoramento de variáveis de interesse do coletor em tempo real com comunicação sem fio entre coletor e usuário.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos 50 anos, a produção de plástico aumentou em 20 vezes (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014). Por conta da grande quantidade, a gestão do plástico não contempla todos os ciclos. Cerca de um terço do plástico descartado foi inserido na natureza como lixo (MACHADO, 2017). Em 2020, a chegada da COVID-19 intensifica a problemática.

Estima-se que 8 milhões de toneladas de plástico relacionado a pandemia foi gerado em 2020, tendo 25 mil toneladas adentrado o oceano (NEWSRX HEALTH, 2021). Destes 8 milhões, cerca de 87% têm origem em hospitais (SILVA, 2021). Relatórios mostram que o descarte por paciente chegava a 14 kg (ABU-QDAIS, 2020), 10 vezes o número médio antes da pandemia. No início da pandemia, estudos já apontavam o possível aumento na produção e demanda de plástico tanto em áreas hospitalares como para consumo pessoal, como delivery e produtos de proteção pessoal (KLEMEŠ, 2020). Isto se deu pelo fato do lockdown ter sido adotado em vários países no combate a COVID-19, causando uma estadia mais longa nos domicílios.

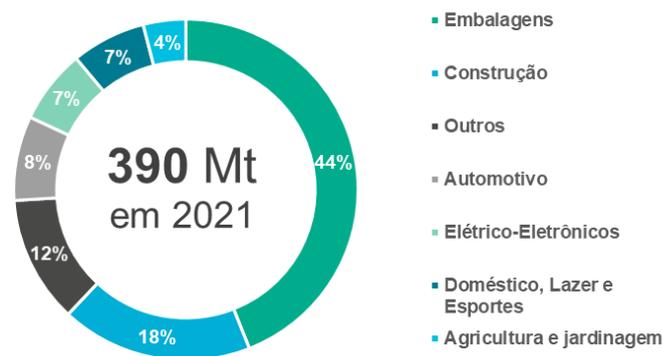
Medidas como incineração (aproveitamento do gás para produção de energia) e reciclagem foram adotadas para conter o acúmulo, porém não foram de todo modo eficientes. Cerca de 57% dos materiais são compostos por plásticos não recicláveis, ou que são raramente reciclados (KLEMEŠ, 2020). Alguns países como os Estados Unidos interromperam os programas de reciclagem e focaram na incineração e aterro. A Agência Portuguesa de Meio Ambiente orientou para que não houvesse mais separação entre recicláveis e orgânicos, também sendo enviados para incineração ou aterros. Por conta de tais medidas, grande parte do lixo não foi descartado corretamente. Em Hong Kong, na ilha de Soko, a praia foi tomada por máscaras e objetos diversos, ganhando o apelido de “Praia das Máscaras” (SILVA, 2021). Este cenário também foi observado em solo brasileiro.

2.1 Situação Marinha: vida e lixo

Dentre a produção em massa de plásticos, apenas 20% é de fato reciclado ou entra no ciclo de reciclagem (WWF, 2019). Somente em 2021, 390 milhões de toneladas foram produzidas, sendo 44% destinadas apenas para embalagens,

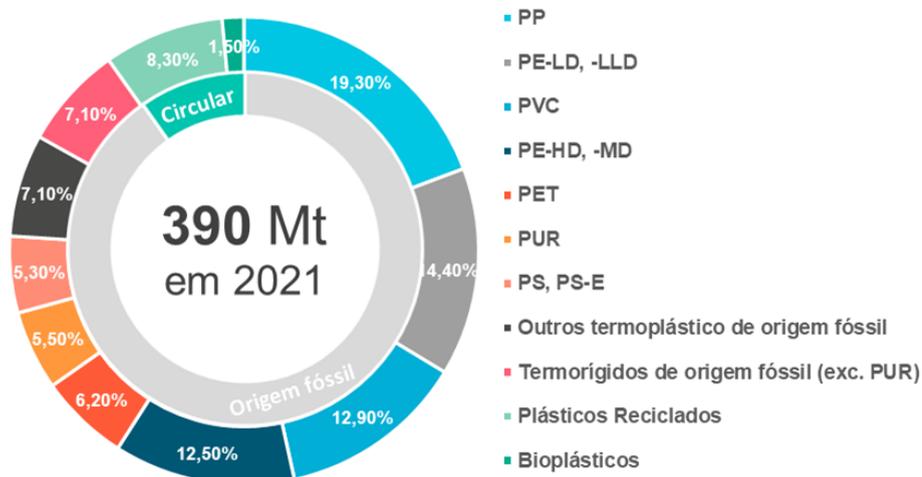
conforme Figura 1. Estima-se que apenas 14% das embalagens são de fato destinadas à reciclagem (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014). Dentre as 3 maiores produções do ano estão o polipropileno (PP), o polietileno de baixa densidade (PE-LD) e o PVC, destacados na Figura 2 (PLASTIC EUROPE, 2022). Tais números detalham a alta demanda por plástico durante o período pandêmico.

Figura 1. Destino da produção de plástico em 2021



Fonte: PLASTIC EUROPE, 2022

Figura 2 - Divisão de tipos de plástico produzidos em 2021



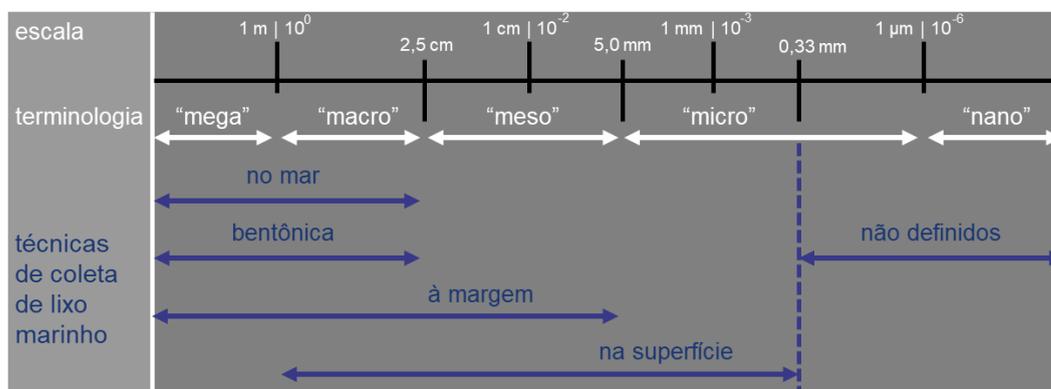
Fonte: PLASTIC EUROPE, 2022

Pelo menos 8 milhões de toneladas de plástico vão para os oceanos a cada ano. Estima-se que até 2025 possa ser encontrado 1 plástico a cada 3 peixes (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014). O problema da presença do material está ligado ao que ele pode causar no habitat, como enredamento, ingestão e por

fim a degradação do ambiente (WWF, 2019). Em artigos recentes, foi observado que até mesmo plásticos identificados como biodegradáveis estão mais propensos a desintegração do que degradação, o que leva a propagação do micro e nano plásticos (WHITACRE, 2014).

O lixo marinho pode ser classificado por tamanho, de acordo com cinco classes: mega, macro, meso, micro e nanolixo conforme Figura 3. O mais comum de encontrar na superfície é o tipo macro, porém um perigo apontado é o tipo micro e nano. Contrário ao macro e mega, estes não permanecem somente na superfície mas se destinam ao fundo do oceano e rios. O grande problema de tal alocação é não somente a segurança de animais e corais, como também de humanos. O nano plástico, devido ao seu tamanho, é passível de ser encontrado em canais de tratamento de água, adentrar a cadeia alimentar da vida marinha e gerar acúmulo na base dos oceanos. Este acúmulo acarreta no vazamento de substâncias químicas, levando a morte de corais e de animais no ambiente (UNEP, 2016). Além dos micro e nano plástico, vale destacar a presença constante dos macro plásticos como linhas de pesca, que não só danificam os corais como também são protagonistas do enredamento. Estima-se que mais de 900 espécies foram afetadas pela ingestão e enredamento (KUHN, 2020; SANTOS, 2021) e um terço das tartarugas do mundo já ingeriram plástico (QAMAR, 2013). Em casos de ingestão, a semelhança para um predador entre sua presa e plástico é uma das principais causas (SANTOS, 2021).

Figura 3. Classificação do lixo por tamanho

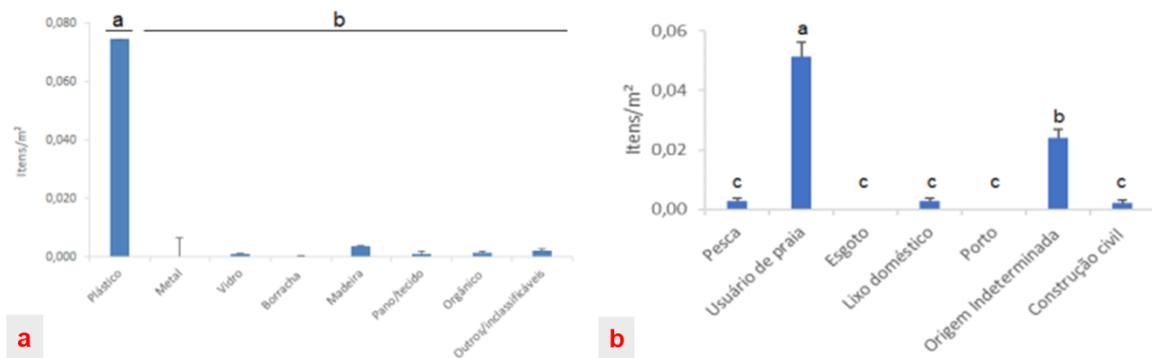


Fonte: (Lippiatt et al., 2013)

A chegada do plástico no oceano pode ser originada a partir de dois sistemas: curto ou longo período de uso. O primeiro é composto por itens de higiene, sacolas, embalagens, descartáveis. Já o segundo de resíduos industriais, domésticos e

carcaças eletrônicas (UNEP, 2016). E grande parte do plástico tem entrada através de seus usuários, em costas e praias. Em estudo na praia de Navegantes/SC, identificou-se tanto o plástico como principal lixo como os usuários de praia como principal origem do lixo (ROSA, 2019), tanto em baixa como alta vazão do rio Itajaí-açu (ROSA, 2021), conforme Figura 4 (a) e (b). O mesmo comportamento foi identificado nas praias de Florianópolis e arredores (WIDMER, 2019).

Figura 4. Densidade do lixo marinho. (a) Densidade por tipo de lixo (b) Densidade por origem



Fonte: Rosa, 2019.

2.2 Modelos de coletores

Em razão da variedade de locais para aplicação, empresas têm investido em coletores conforme o tipo de lixo marinho encontrado, além de estudos desenvolvidos nas universidades. Os coletores podem ser divididos em duas categorias: estático e dinâmico. A primeira categoria é composta por autônomos e mecânicos. Já a segunda categoria, além de também possuir a opção autônoma, engloba ainda computação/eletrônica integrada ao coletor (Tabela 1).

Tabela 1. Categoria de coletores

Estáticos	Dinâmicos
Autônomos	Autônomos
Mecânicos	Computação/eletrônica embarcada

Fonte: OHTMAN, 2020

Os coletores estáticos autônomos assim como o nome sugere possuem estrutura fixada no local de coleta. Recebem o nome de autônomos pois seu

funcionamento não depende de constante acompanhamento e/ou do ambiente ao qual está inserido. Isto se deve ao fato de utilizarem bombas d'água, submersas ou periféricas que movimentam a água, tornando a coleta possível. Os estáticos mecânicos já apresentam dependência do ambiente, ou mais precisamente da água. Grande parte dos coletores depende do fluxo de água no qual será realizada a coleta e limpeza do lixo. Já os dinâmicos autônomos além de não depender do ambiente, também não possuem estrutura fixa. Por fim, os dinâmicos com computação, possuem controle e acompanhamento remoto (OHTMAN, 2020).

Dentre os modelos a serem apresentados, os locais variam de portos e marinas a mares e rios. Para o primeiro caso, deve-se considerar os seguintes aspectos na escolha do coletor: espaço disponível, área aberta ou coberta, incidência do sol caso a área seja aberta, necessidade ou não de fixação da estrutura, necessidade de monitoramento e comunicação do coletor. Para o segundo caso, é necessário adicionar um último fator: a estabilidade da estrutura.

2.2.1 Coletor Automático Alimentado por Placas Fotovoltaicas - Universidade Vimal Jyothi

Classificado como estático autônomo, o coletor foi desenvolvido em 2017 pelos estudantes de Engenharia Mecânica, na Índia. O modelo foi criado para coleta de lixo mega a micro, como plásticos, plantas e roupas.

O sistema é composto por duas partes: o rolo que transporta o lixo e o braço metálico responsável por suportar o lixo de acordo com o tamanho e peso (Figura 5). O rolo de transporte é movimentado através de um motor CC controlado a partir de um circuito temporizador (utilizando um CI 555). O sistema opera por 2 minutos, sendo sugerido um período de 10 minutos para recarga da bateria.

Figura 5. Coletor automático alimentado por placas fotovoltaicas



Fonte: MARKOSE, 2017.

2.2.2 Mr. Trash Wheel

O coletor criado em 2014, na cidade de Baltimore, entra na categoria estático mecânico, se move a partir da corrente do rio em que foi implantado, sendo alimentado por placas fotovoltaicas em dias sem formação de correntes.

Partindo do mesmo princípio do primeiro coletor, o Trash Wheel possui uma esteira na qual, com o auxílio de uma braço metálico, o lixo é transportado para o compartimento localizado na parte traseira do coletor (Figura 6). Como ele a princípio permanece parado no rio, ecobarreiras foram instaladas para garantir que o lixo fique à disposição do coletor.

Figura 6. Mr. Trash Wheel em funcionamento no rio de Baltimore



Fonte: GARAU, 2017

2.2.3 Seabin Project

Desenvolvido em 2016, a Seabin project iniciou o primeiro modelo com bomba periférica. Ideal para locais sem constante contato com o sol, sem necessidade aparente de coleta abrangente de resíduos, e com local disponível para fixação do coletor. Apesar de determinado local não apresentar necessidade de coleta em larga escala, este modelo pode coletar até 1 tonelada de lixo por ano (SEABIN, 2022) se ligado integralmente a rede (24 horas por dia, 7 dias da semana).

Para atingir a coleta informada pela empresa Seabin, é necessário determinar o tamanho de sua carcaça para então prosseguir para a etapa do dimensionamento da vazão necessária para a bomba. O coletor possui 2 partes, a carcaça e a malha de coleta (Figura 7). A carcaça possui 2 componentes: a base e o encaixe para a malha (se movimentando com ela). Já a malha de coleta possui 4 partições: malha, suporte superior, suporte inferior e a “fechadura” que encaixa a malha no coletor.

Figura 7 - Coletor Seabin Project



Fonte: <https://inhabitat.com/worlds-first-ocean-pollution-eating-seabin-launches-in-the-uk/>

2.2.4 Wasteshark

Criado a partir de uma start-up, o Wasteshark é capaz de coletar até 500 kg de lixo por dia. Alimentado por uma bateria de longa duração, o coletor pode funcionar até 8h sem interrupção. Utilizando câmeras, o coletor se movimenta e mapeia o território em busca de lixo. Além da estrutura, possui conexão direto com a nuvem e atualização em tempo real com a AWS, Amazon Web Service.

Figura 8. Wasteshark



Fonte: <https://www.ranmarine.io/>

2.2.5 Ecobarreiras

Formada por tambores de plásticos e redes, as ecobarreiras são encontradas em córregos e rios com o objetivo de impedir que o lixo seja transportado com o fluxo. Após o acúmulo de lixo, ele é recolhido e direcionado a separação correta.

Figura 9. Ecobarreira



Fonte:

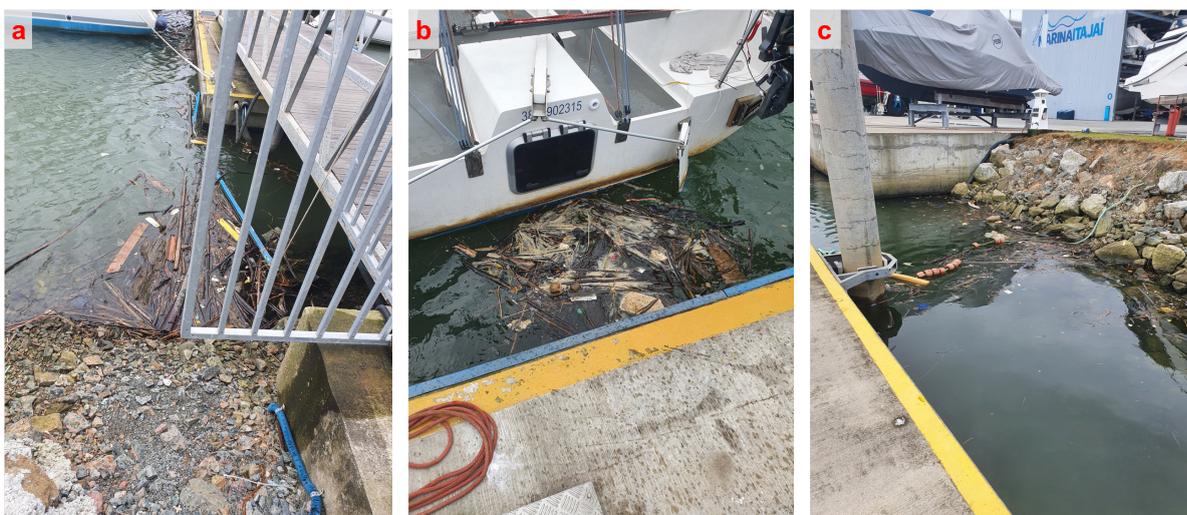
<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2020/02/02/ecobarreira-retirou-1638-toneladas-de-material-do-arroio-diluvio-em-2019-em-porto-alegre.ghtml>

3 METODOLOGIA

3.1 Locais de Coleta

Para identificar os possíveis de lixo de coleta, foi realizada visita à Marina de Itajaí junto ao professor Leonardo Machado. Dentre os lixos observados estão principalmente madeiras/troncos e plásticos (copos, sacolas, pacotes, garrafas e tampas). A Marina utiliza redes de contenção a cada deck para coletar o lixo do rio visando não permitir a passagem para o ambiente interno (Figura 10.a), mas ele também se acumula atrás de barcos estacionados (Figura 10.b). Apesar das proteções, foi possível identificar lixos remanescentes tanto entre redes como no último deck do local (Figura 10.c).

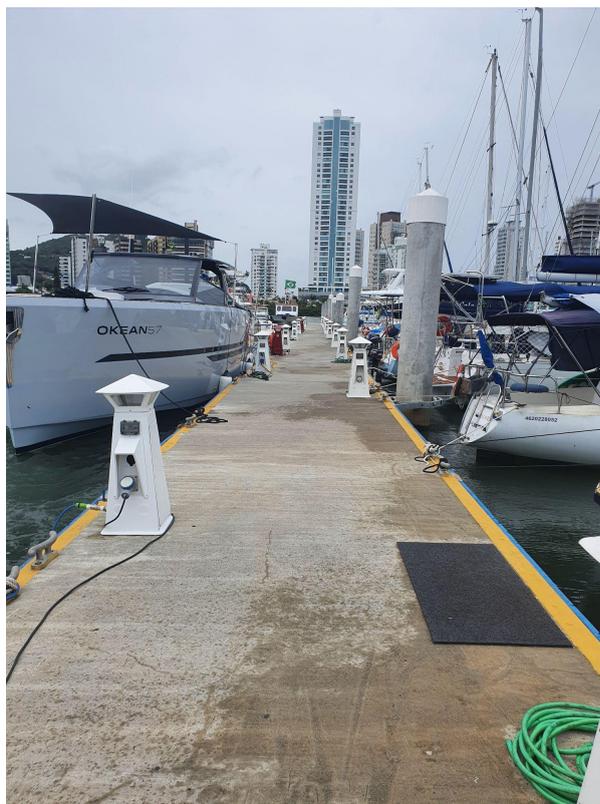
Figura 10. Visita in loco a Marina de Itajaí. (a) Contenção através de redes (b) Acúmulo de lixo junto aos barcos (c) Acúmulo de lixo no último deck



Fonte. Autoria própria

Também em visita buscou-se observar os pontos de tomadas e roteadores wifi para possíveis instalações de coletores. A cada deck são encontrados pontos de tomada para cada vaga de estacionamento (Figura 11), com rede wifi disponível, além de operadores em posto para manutenção. Também foram identificados espaços nas extremidades do local para instalação de coletores. Durante a visita foi informado que um dos problemas causados pela presença de lixo, e principalmente de madeiras, é a manutenção constante dos barcos devido à ocorrência de acidentes quando entram em contato com o motor.

Figura 11. Pontos de tomadas



Fonte. Autoria própria

Em primeiro momento, foi possível concluir que há possibilidade e necessidade de instalação de coletor no local, porém com estrutura reduzida mas eficiente na coleta.

3.2 Comparação e escolha de coletor dentre os modelos (Prós e Contras)

Para a classificação dos modelos foram dadas notas de 1 a 5, sendo 1 péssimo/não possui, 3 bom/possui mas precisa implementar algum detalhe e 5 ótimo/completo. Os critérios observados durante as pesquisas foram custo do projeto, facilidade no manejo, possibilidade de uso 24h, eficiência energética, sensoriamento/monitoramento, rapidez na coleta e possibilidade de replicar o protótipo, com seus respectivos pesos conforme Tabela 2. Nesta avaliação a ecobarreira foi desconsiderada por já ter um exemplar localizado na Marina de Itajaí.

Tabela 2. Critérios avaliados durante pesquisas.

Critérios	Peso
Custo do projeto	20
Facilidade no manejo	15
Possibilidade de uso 24h	10
Eficiência Energética	10
Sensoriamento	15
Rapidez na coleta	15
Possibilidade de réplica em protótipo	15

Fonte: Autoria própria.

3.2.1 Custo do Projeto

O primeiro coletor assim como o trash wheel possuem uma estrutura metálica, o que demandaria tanto o material para soldagem, como também local apropriado para tal atividade. Por esse motivo, ganharam nota 3. O Seabin também ganhou nota 3 por conta do valor da bomba de 25.000 L/h. O restante dos materiais de sua estrutura possuem custo baixo, o que a princípio levaria a redução da vazão para replicar. O Wasteshark ganha nota 1 por conta das câmeras necessárias, além da parte de eletrônica embarcada.

3.2.2 Facilidade de manejo

Nesta categoria, tanto Seabin como Wasteshark apresentam nota máxima. Seabin a partir do momento de sua fixação possui funcionamento contínuo, necessitando apenas de manutenção mensal como limpeza da carcaça. De igual modo o Wasteshark entra no local de coleta e inicia o turno de limpeza. Também necessitando apenas de manutenção mensal para limpeza do local de armazenamento. Demais coletores possuem estrutura maior e necessitam de supervisão constante, portanto nota 1.

3.2.3 Possibilidade de uso 24h

Neste critério todos receberam nota superior a 3, com destaque para Seabin e Trash Wheel que possuem alternativa solar.

3.2.4 Eficiência Energética

Todos os coletores receberam nota acima de 3. A maioria possui alimentação alternativa ou não necessita de ligação direta à rede.

3.2.5 Sensoriamento

Dentre os coletores, apenas o Wasteshark possui monitoramento constante e banco de dados implementado. Neste quesito existe oportunidade de implementação de monitoramento/sensoriamento.

3.2.6 Rapidez e eficiência na coleta

No quesito rapidez e agilidade na coleta, o único coletor a receber nota 5 foi a Seabin. Por possuir bomba acoplada na base de sua carcaça, não depende de movimentação ou que os objetos estejam próximos à área de coleta, pois cria seu próprio fluxo. Já o Wasteshark apesar de se movimentar através da detecção de lixo, possui reservatório reduzido e o lixo escapa quando em estado desligado. Não só desligado como também durante a coleta, o robô não direciona o reservatório corretamente fazendo com que não haja coleta. Restante dos coletores são eficientes mas pecam na rapidez.

3.2.7 Escolha do coletor

Sendo assim, dentre os coletores a Seabin se destaca com nota 80, conforme Tabela 3. Durante testes na Inglaterra, foi verificada a seletividade e possibilidade de coletar organismos além do lixo comum. Observou-se a captura tanto de organismos vivos (minorias) como mortos. Em sua grande maioria animais pequenos que ou estavam mortos antes da coleta ou morreram durante (FLORENCE, 2022). Isto será avaliado durante futuros testes.

Tabela 3. Comparação entre os modelos pesquisados.

Critérios	Peso	Coletor 1	Mr Trash Wheel	Seabin	Waste Shark
Custo do projeto	20	3	3	3	1
Facilidade no manejo	15	1	1	5	5
Possibilidade de uso 24h	10	3	5	5	3
Eficiência Energética	10	5	5	5	5
Sensoriamento	15	1	1	1	5
Rapidez na coleta	15	1	1	5	3
Possibilidade de réplica em protótipo	15	3	3	5	3
Total		46%	50%	80%	68%

Fonte: Autoria própria.

3.3 Tipos de Sensores

Por não possuir sensoriamento e acompanhamento, é necessário determinar quais tipos de sensores são adequados a uso no projeto. Para tal avaliação foram escolhidos sensores ligados diretamente a controle e acompanhamento de água ou relacionados à água. Para sensores de distância, eles devem possuir alcance de pelo menos 1 m.

3.3.1 Sensor de nível

O primeiro sensor a ser estudado é o sensor de nível d'água. Foram selecionados apenas itens compatíveis à placa microcontrolada escolhida no desenvolvimento do protótipo neste trabalho, no caso, o Arduino UNO.

3.3.1.1 Sensor de nível sem contato

Com sistema de detecção através de capacitância, o sensor aciona quando o líquido é identificado em seu nível (Figura 12). Apesar de possuir detecção acurada quando em contato com apenas uma estrutura, no caso do coletor da Seabin com 2

estruturas, malha e lixo coletado, esta acuracidade reduziria consideravelmente. Portanto, ele será desconsiderado para o projeto.

Figura 12. Sensor de nível sem contato



Fonte: <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-nivel-de-liquidos-sem-contato-xkc-y25-npn/>

3.3.1.2 Sensor de nível

Este tipo de sensor demanda contato direto com a água, podendo ser horizontal ou vertical conforme Figura 13 (a) e (b). No caso do primeiro, assim que entra com a água, ele envia sinal digital. Mesmo comportamento acontece com o assunto, mas a partir do momento que seu detector funciona como boia.

Para o coletor escolhido, o contato seria não somente com a água mas com o lixo recolhido, sendo então uma interferência a ser considerada.

Figura 13. Sensor de nível (a) horizontal (b) vertical



Fonte: (a) <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-nivel-de-agua-horizontal/>; (b) <https://www.marinostore.com/sensores/sensor-de-nivel-horizontal>

3.3.2 Sensor de fluxo d'água

A partir de um sensor de efeito Hall, o sensor de fluxo envia sinais PWM

obtidos através do movimento de uma ventoinha interna. O acompanhamento do fluxo é dado a partir da contagem de pulsos, podendo converter para L/min, conforme a dimensão escolhida. Sua instalação deve ser feita em linha com o fluxo a ser observado.

A escolha do sensor está ligada à da bomba, portanto este item será definido mais à frente no desenvolvimento.

Figura 14. Sensor de fluxo de água



Fonte: <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-fluxo-de-agua-12-yf-s201/>.

3.3.3 Sensor de distância ultrassônico

Este tipo de sensor foi selecionado para atuar na detecção de presença de lixos, logo, na verificação do estado do coletor. Para isto, foram selecionados dois tipos: padrão e JSN.

3.3.3.1 Padrão

Através de uma onda sonora, este sensor pode detectar a presença de objetos de 2 cm a 4 m de distância. Esta detecção é dada a partir dos pinos Trigger e Echo, sendo o último responsável por receber o sinal. Além dos pinos já citados, possui VCC e GND em suas extremidades (Figura 15).

Apesar de atender o requisito de distância, o sensor estará em contato direto com a água causando desgaste e interferindo na detecção ao longo do tempo. Portanto faz-se necessária a proteção do componente.

Figura 15. Sensor ultrassônico



Fonte: <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>.

3.3.3.2 Sensor de distância JSN

Este sensor pode detectar de 20 cm a 6 m e assim como o anterior, detecta a distância através de ondas sonoras. Além de à prova d'água, possui cabo de conexão de 2m, possibilitando uma variedade de instalações (Figura 16).

Para o caso do coletor da Seabin que está em contato com a água, este sensor é o mais adequado para utilização.

Figura 16. Sensor de distância JSN



Fonte:

<https://www.usinainfo.com.br/sensor-ultrassonico/sensor-ultrassonico-jsn-sr04t-a-prova-d-agua-modulo-para-arduino-4704.html>.

3.4 Testes

A observação e coleta de dados foram feitas através de testes em ambientes controlados, sendo o primeiro em uma piscina na casa da autora e o segundo em um tanque localizado no Campus Itajaí do Instituto Federal de Santa Catarina. Para

a realização dos testes foram levantadas as seguintes hipóteses sobre o funcionamento:

1. O coletor não funciona apenas com o movimento da água;
2. Carcaça e malha compõem um sistema eficiente de coleta;
3. Uma alimentação alternativa para a bomba é necessária para simular diferentes ambientes de aplicação;
4. O fluxo é afetado pela quantidade de lixo coletado;
5. A distância (presença) pode ser usada como parâmetro de controle do estado do coletor (cheio ou não).

3.4.1 Teste de movimento

Para verificar a primeira hipótese, foi utilizado um balde de 24 cm x 31 cm conforme Figura 16, e uma malha de coleta feita de juta de mesmo tamanho. A juta foi costurada em formato de saco, fazendo uso de um arame firme para formar o bocal superior.

Figura 16. Balde utilizado para carcaça



Fonte: Autoria própria

Para a realização do teste, a carcaça foi inserida na água em 2 cm abaixo do nível da água em um dos cantos da piscina, possibilitando o fluxo de entrada conforme movimento nos arredores. Para estes movimentos, utilizou-se da bomba

da piscina para simular o fluxo de um rio. Objetos como folhas e garrafas foram inseridos no local para verificar se entrariam no coletor após alguns minutos, o que não foi observado. Apesar do movimento inserido, poucos objetos se direcionaram ao interior da carcaça, além de a água entrar por completo após instantes. Portanto, a hipótese é verdadeira por conta da falta de eficiência observada na coleta. Se faz necessário o uso de bomba para criar um fluxo de entrada no coletor.

3.4.2 Escolha e teste da bomba

Para a escolha da bomba foi definido um modelo a ser seguido em futuros protótipos considerando o volume e vazão do coletor base. A Seabin possui dimensões para uma bomba de 25.000 L/h conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Dimensões carcaça da Seabin Project.

Item	Altura [cm]	Largura [cm]
Carcaça	44	38,4

Fonte: <https://seabin.io/home/>

Calculando então o volume da estrutura que possui formato de cilindro (Equação 1):

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = 50,96 L \quad (1)$$

Considerando a vazão da bomba, a escolha da bomba é determinada a partir da Equação 2:

$$V_z = V_c \cdot 490,61 \quad (2)$$

$$V_z = \text{vazão da bomba [L/h]}$$

$$V_c = \text{volume da carcaça [L]}$$

Para a escolha da carcaça, foi utilizado um balde de 24 cm x 31 cm, ou seja, volume de 14 L. Para um funcionamento eficiente, seria necessário uma bomba de pelo menos 6.800 L/h. O modelo de cálculo conforme Figura 17 está disponível no github¹ do projeto.

¹ <https://github.com/keniamorgana/Coletor.git>

Figura 17. Modelo de cálculo vazão bomba

Coletor Padrão		Coletor Escolhido		Formato	Volume [L]	Fórmula
Formato:	Cilindro	Formato:	<input type="text" value="Cilindro"/>	Quadrado		a^3
Comprimento [cm]:		Comprimento [cm]:		Retângulo		$C*L*H$
Largura [cm]:	38,40	Largura [cm]:	24,00	Cilindro	14,02	$\pi*r^2*h$
Altura [cm]:	44,00	Altura [cm]:	31,00			
Volume:	50,96	Volume:	14,02			
Bomba [L/h]:	25.000	Bomba [L/h]:	6.880	Bomba Seabin	25.000	

Fonte: Autoria própria.

Os testes com a bomba foram divididos em 3 etapas, uma com bomba periférica e duas com bombas submersas, todas com vazões diferentes conforme a Tabela 5. A bomba número 2 foi disponibilizada pelo IFSC.

Tabela 5. Tipos de bomba utilizados nos testes.

#	Tipo de bomba	Vazão [L/h]	Potência [W]	Largura saída [pol]	Faixa de custo [R\$]
1	Periférica	1.700	0,5 cv = 372,85	1	170-230
2	Submersa	9.000	60	0,5	700 - 1.026
3	Submersa	3.000	60	0,5	213,75 - 315

Fonte: Autoria própria.

3.4.2.1 Teste Bomba 1

Após definir as bombas, era necessário determinar a instalação hidráulica para o coletor. Para o primeiro teste foram utilizados 2 m canos de PVC de 1", conectores, adaptador soldável, joelhos de 45° e 90° além de fita veda rosca. Também é necessário fazer a instalação elétrica da bomba, portanto foram utilizados fios de 1,5 mm com plug de 3 pinos. As instalações elétrica e hidráulica estão dispostas nas Figuras 18 e 19.

Figura 18. Instalação elétrica



Fonte: Autoria própria

Figura 19. Instalação hidráulica



Fonte: Autoria própria

Um furo de aproximadamente 3,5 cm de diâmetro foi realizado no fundo do balde, sendo preenchido com um conector simples para ligar encanamento e bomba. Posteriormente foi substituído por um adaptador soldável que permite uma estabilidade maior nos canos além de vedar a entrada de água por baixo. A preparação para o funcionamento da bomba periférica envolve a retirada de ar dos canos, que se dá por 2 etapas: inserir água no encanamento superior (saída d'água) e regular o parafuso ao seu lado. Foi utilizado então um galão para despejar a água no cano superior com a bomba já ligada enquanto com uma chave de fenda solta-se o parafuso até que sejam observadas bolhas. Necessário destacar o cuidado na utilização da chave de fenda para não entrar em contato com a carcaça, apenas com o parafuso. Após a realização desses passos o motor dá partida e inicia a coleta.

A bomba apesar de possuir uma vazão menor foi capaz de coletar objetos menores como folhas e tampas. Porém, durante os primeiros testes foi observada a necessidade de fixação da carcaça, portanto com auxílio do departamento de mecânica do instituto foi adicionada uma estrutura de 3 hastes parafusadas ao balde, conforme Figura 20. Além das hastes também foi instalado suporte em tanque de testes para segurar o coletor (Figura 21). Importante destacar que a fixação do coletor deve estar segura a ponto de não permitir movimentos horizontais, que foi garantida através de borboletas tanto na parte inferior como superior do suporte.

Figura 20. Adição de alças para fixação da carcaça.



Fonte: Autoria própria.

Figura 21. Estrutura fixada no tanque de teste no Campus Itajaí.



Fonte: Autoria própria.

A estrutura hidráulica durante os primeiros testes era composta somente de canos, o que dificultava o manuseio do coletor tanto montagem como inserção na água. Como ajuste, a entrada de água da bomba foi substituída por um sifão simples. Para verificar a eficiência, foram utilizados pequenos pedaços de plástico e copos. Os objetos menores foram coletados (Figura 22), porém no caso de copos e garrafas a vazão não foi suficiente. Para garantir a coleta, foi utilizado um peso no fundo do balde, além de uma inclinação na carcaça para que a água entre primariamente em apenas um dos lados. Tal mudança se fez necessária após observar que o fluxo de água não se formava corretamente em 0° .

Figura 22. Coleta de micro plásticos.



Fonte: Autoria própria.

3.4.2.2 Teste Bomba 2

O segundo teste foi realizado com a bomba de 9.000 L/h, vazão acima do valor mínimo estabelecido. Diferente da periférica, a submersa como o nome já implica não necessita de encanamento. Portanto, a ligação foi feita diretamente na parte inferior do balde (Figura 23). Para o teste de coleta foram utilizados os mesmos objetos anteriores, neste caso obtendo 100% de eficiência. A inclinação realizada no último teste não foi necessária neste caso, pois o fluxo de água se formou em 0°. Um detalhe observado tanto no primeiro quanto no segundo teste foi a dificuldade na entrada dos objetos por conta da malha de coleta estar com contato direto. Isto poderia indicar a necessidade de inserir mais uma peça na coleta, separando carcaça e malha.

Figura 23. Coleta de lixos com bomba de 9000 L/h

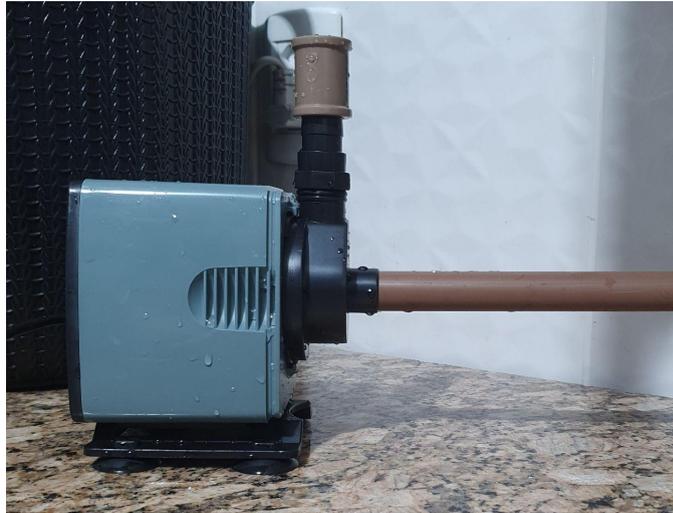


Fonte: Autoria própria.

3.4.2.3 Teste Bomba 3

O último teste foi realizado com a bomba de 3000 L/h. Contrastando as demais bombas utilizadas, a entrada de água se dá pela lateral, logo se faz necessário inserir conexão por meio de canos (Figura 24).

Figura 24. Instalação hidráulica para entrada e saída de água da bomba 3



Fonte: Autoria própria

Para este teste foram utilizados canos de 20 mm ou $\frac{1}{2}$ ", além de adaptadores soldáveis, conectores e joelhos 90°, conforme Figura 25.

Figura 25. Local de testes para bomba 3



Fonte: Autoria própria

O acompanhamento foi realizado novamente na piscina, com auxílio das hastes previamente fixadas. Para garantir a fixação necessária, uma das hastes foi

amarrada enquanto as demais serviriam para o manuseio, simulando o suporte do tanque localizado no campus. Conforme pontuado anteriormente, a malha impediu em vários momentos a entrada de objetos no coletor, portanto uma segunda peça foi inserida. Um segundo balde foi utilizado, de dimensões semelhantes às da carcaça, com o fundo e detalhes laterais retirados (Figura 26). Assim a malha estará agora no interior da segunda peça, facilitando também a retirada do lixo. Esta adição visa uma maior similaridade com o modelo da Seabin, que possui compartimento interno que se movimenta conforme situação da bomba (ligada ou não). Quando ligada, desce junto com a malha de coleta, e ao desligar sobe impedindo que o lixo coletado se perca com a água acumulada na carcaça.

Figura 26. Estrutura interna para malha de coleta



Fonte. Autoria própria

Para a coleta de objetos, foram utilizadas folhas, garrafas, rótulos e sacolas. Todos eram colocados no lado oposto do coletor, para verificar o alcance da coleta, além de se tornar uma tentativa de replicar um cenário real. Com exceção da sacola, todos os objetos foram coletados (Figura 27). Importante destacar que neste ambiente os ajustes na fixação eram constantes por somente um dos lados estar amarrado. Quando bem fixado, um espaço de cerca de 8 cm era observado entre a parte superior do balde e o acúmulo de água na parte interior.

Figura 27. Objetos coletados durante testes (a) folhas (b) garrafas e rótulos



Fonte. Autoria própria

3.4.2.4 Análise pós testes

Com o auxílio da bomba 2 e 3 e da separação carcaça x malha, é possível afirmar que a segunda hipótese é verdadeira.

3.4.3 Sistema de alimentação alternativo

Para verificar a terceira hipótese, foi desenvolvido um sistema *off-grid* solar. A escolha de tal sistema vai ao encontro do modelo alternativo da própria Seabin, que possui alimentação tradicional ou sistema *off-grid* composto por banco de baterias anexadas à estrutura. Para o cálculo da capacidade da bateria, foram utilizados os seguintes cálculos, considerando a bomba de 60 W, um tempo de uso de 2h, um fator de correção de 0,81 e uma descarga máxima de 80% (Equação 3):

$$C_c = P \cdot t \cdot F_c \quad (3)$$

$$C_c = 60 \cdot 2 \cdot 0,81 = 148,15 \text{ Wh/dia}$$

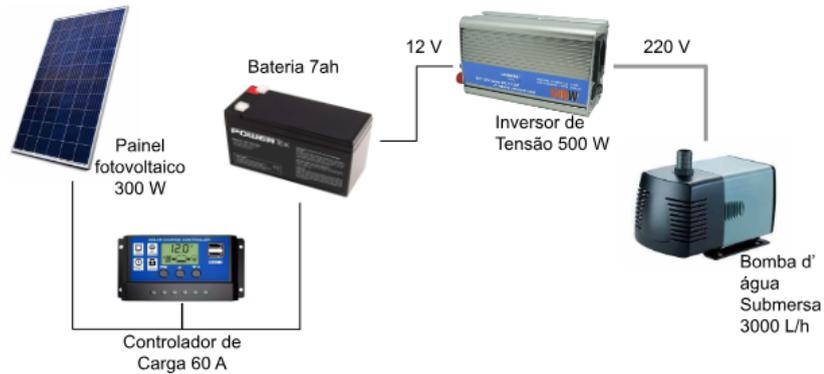
$$E_c = E_{CD} \cdot \text{Autonomia} \quad (4)$$

$$E_c = 148,15 \cdot (2/24) = 12,35 \text{ Wh/dia}$$

$$E_A = E_c / \text{descarga} \quad (5)$$

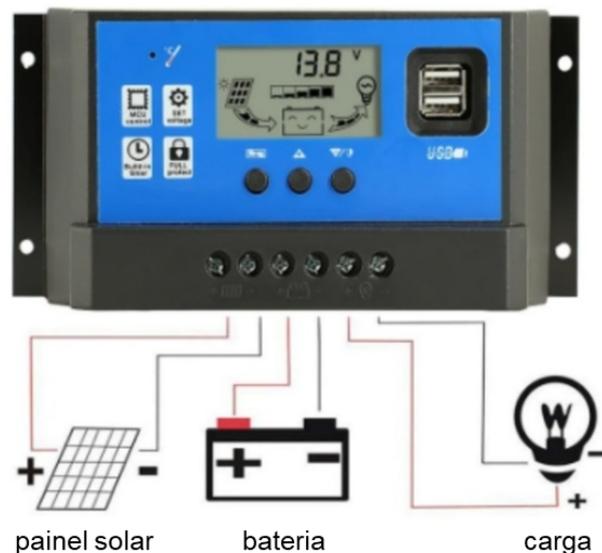
$$E_A = 12,35 / 20\% = 61,73 \text{ Wh}$$

Figura 29. Diagrama de ligações do sistema



Para a conexão painel e controlador foram utilizados fios de 1,5 mm² e conexão bateria através de cabos tipo jacaré. O primeiro passo é a conexão com a bateria, para que o controlador reconheça a tensão e tipo de bateria que está sendo conectada (Figura 30). Após a ligação, é necessário informar a tensão de proteção e de funcionamento, além do tempo de uso. Isso é possível através do menu, ao segurar por alguns segundos o primeiro botão e informar o restante utilizando os botões de setas. Com o controlador configurado, já é possível conectar com o painel.

Figura 30. Ligações do controlador de carga



Fonte:

https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1466168172-kit-painel-controlador-placa-solar-fotovoltaico-100w-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=0372e0bd-bb4d-46d1-8461-568b4c29bcd3

O painel e demais equipamentos foram colocados em local com incidência constante (Figura 28.a). Para utilizar o inversor, é necessário fazer as conexões com

a bateria. Importante destacar que o inversor não deve ficar exposto ao sol. Caso venha a ser colocado em exposição constante, ele entra em estado de proteção, não possibilitando o uso. O esquema pode ser observado na Figura 31.b.

Figura 31. (a) Instalação do painel fotovoltaico (b) Ligação bateria e inversor de tensão



Fonte: Autoria própria

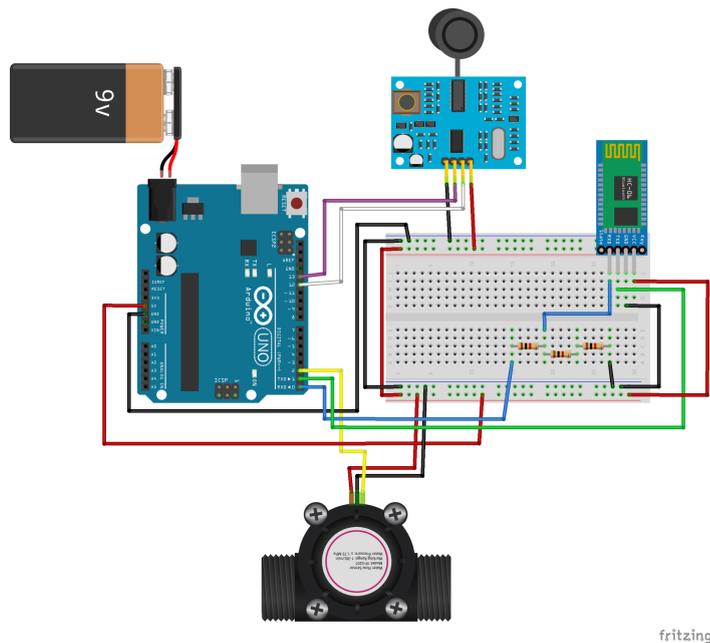
Durante a utilização foi possível simular o sistema Seabin, que possui funcionamento alternado de 5 em 5 segundos, ou seja, liga-desliga. A grande vantagem de tal sistema é a proteção da bomba, além de garantir que o coletor não fique completamente cheio de água. A bateria abastece o coletor por cerca de 2h, pois a tensão mínima estabelecida não permite a descarga completa. Isto possibilita também a não supervisão das coletas (por conta do sistema liga-desliga). Logo, para ambientes que não possuem acesso constante/direto a rede elétrica, a alternativa *off-grid* se torna interessante.

3.4.4 Monitoramento e comunicação com usuário

Por fim, a coleta começa a ser monitorada. Para o acompanhamento da bomba foi utilizado um sensor de fluxo d'água de 60L/min e para a coleta um sensor de distância JSN à prova d'água. Nesta etapa as duas últimas hipóteses serão verificadas. Para o monitoramento dos dados foram utilizados 2 tipos de comunicação, via Bluetooth e Wifi. Para o Bluetooth, foi utilizado o componente HC-06. O HC-06 não pode ser conectado diretamente ao arduino por possuir

alimentação de 3,3 V, não de 5V como o arduino, portanto faz se necessário inserir um divisor de tensão na ligação (1 k Ω e 2 k Ω) conforme Figura 32. Apesar do arduino possuir alimentação de 3,3V disponível para conexão, não é suficiente para manter o HC-06 em pleno funcionamento, por isso a necessidade do divisor de tensão.

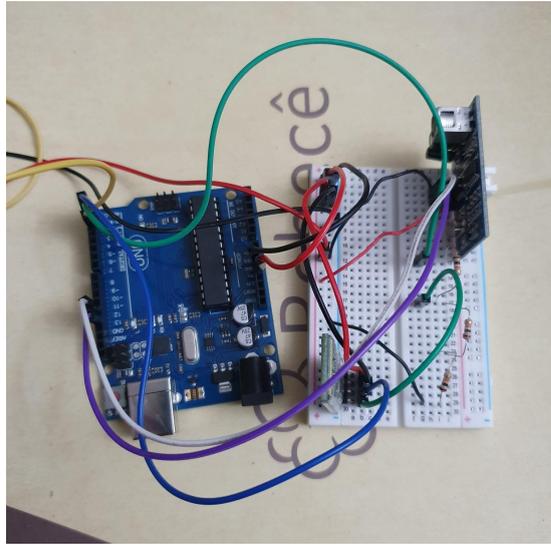
Figura 32. Conexão HC-06 com Arduino Uno utilizando o *software fritzing*



Fonte: Autoria própria.

As portas 12 e 13 são utilizadas pelo sensor JSN e 2 pelo sensor de fluxo. As ligações estão conforme Figura 33. O código está disponibilizado no github.

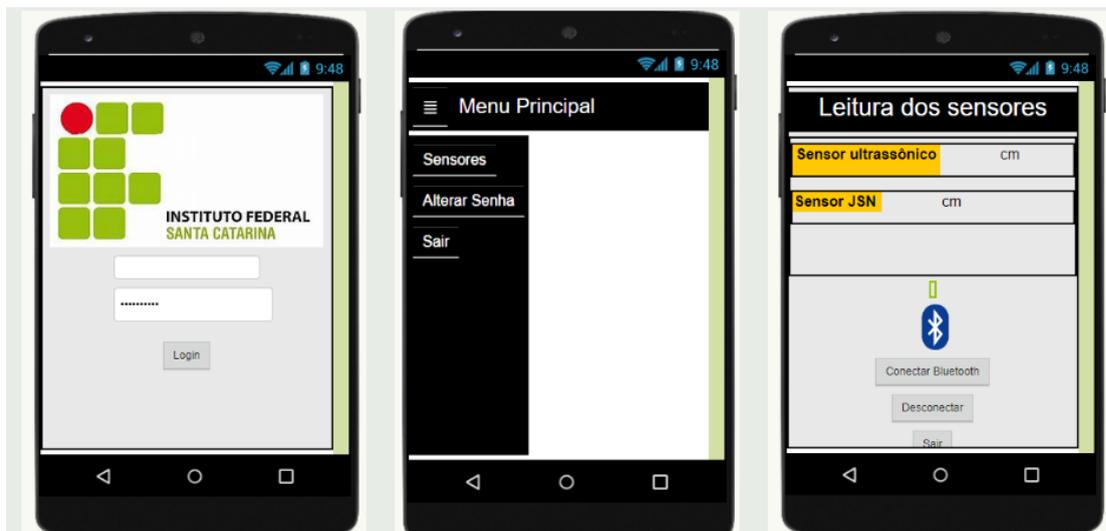
Figura 33. Esquema de ligações modo Bluetooth



Fonte: Autoria própria

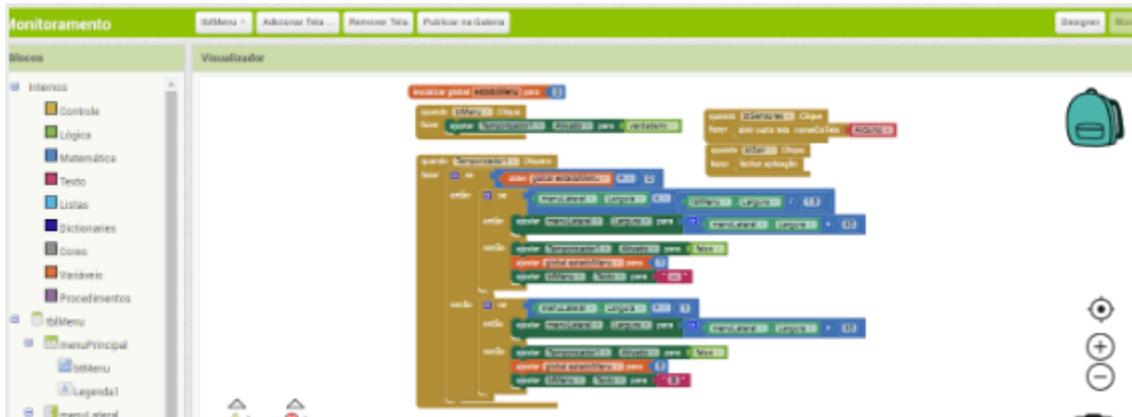
Para fazer o acompanhamento, é possível utilizar o monitor serial, ou também aplicativo Bluetooth SPP. Para uma melhor otimização do processo, foi desenvolvido um aplicativo a partir do site Inventor. O site disponibiliza várias funções e designs, que são programados a partir de blocos. As três telas principais e o sistema de diagramas de blocos são apresentados nas Figuras 34 e 35. Para fazer a conexão basta parear o celular com o HC-06 que ele já será listado.

Figura 34 - Telas principais do aplicativo de monitoramento durante desenvolvimento



Fonte: Autoria própria

Figura 35 - Sistemas de blocos



Fonte: Autoria própria

Apesar de listar os resultados obtidos, este método não permite a rastreabilidade dos dados. Portanto, utilizando uma placa microcontrolada modelo ESP8266 ou ESP-01, doravante referenciada como ESP, o coletor será conectado ao wifi mais próximo. Importante destacar que o roteador deve estar próximo ou detectável ao componente. Em visita a Marina de Itajaí, foi informada a presença de wifi em cada seção de vagas de estacionamento, portanto tal cenário será considerado durante os testes. Para este monitoramento, o sistema master-slave será utilizado, no qual o ESP será o master e o arduino o slave.

Assim como o HC-06 necessita de ajuste na conexão, o ESP não possui tensão suficiente para funcionamento, que é 3,3 V. Para isso, é necessária a utilização de adaptador que possui um regulador de tensão interno. Para a gravação de dados do ESP é necessário usar o adaptador com porta USB. Porém, diferente do Arduino, este não possui botão de reset. Logo, foi necessário soldar um botão ligando o GND e o pino GPIO-0. Assim, deve-se apertar o botão toda vez que conectar o USB para iniciar o modo gravação. No código também está presente o “config.h”, responsável por armazenar os dados de wifi e as chaves do Adafruit, plataforma responsável pelo painel de dados (Figura 36). A transmissão de dados se dará através do monitor serial, com a separação entre “;” (Figura 37). A Adafruit possui os *feeds*, que são variáveis que armazenam os dados. Caso ao conectar com o portal, ainda não tenha criado algum *feed*, os instanciados no código serão criados automaticamente. As conexões do adaptador são apenas de VCC, GND, RX e TX, estes 2 últimos conectados de forma invertida no Arduino (Figura 38).

Figura 36. Gravação Código do ESP-01

```

Codigo_TCC_ESPino  config.h
37 // INICIA A STRING VAZIA
38 String recebido = "";
39
40
41 // LÊ O BUFFER ATÉ O PRÓXIMO ';'
42 recebido = Serial.readStringUntil(';');
43 distancia = recebido.toFloat();
44
45 // LÊ O BUFFER ATÉ O PRÓXIMO ';'
46 recebido = Serial.readStringUntil(';');
47 fluxo = recebido.toFloat();
48
49 // LÊ O BUFFER ATÉ O PRÓXIMO ';'
50 recebido = Serial.readStringUntil(';');
51 volume = recebido.toFloat();
52
53 // LÊ O BUFFER ATÉ O PRÓXIMO ';'
54 recebido = Serial.readStringUntil(';');
55 coletor = recebido.toInt();
56
Output  Serial Monitor
Writing at 0x00024000... (76 %)
Writing at 0x00028000... (84 %)
Writing at 0x0002c000... (92 %)
Writing at 0x00030000... (100 %)
Wrote 289584 bytes (212163 compressed) at 0x00000000 in 18.8 seconds (effective 123.2 kbit/s)...
Hash of data verified.
Leaving...
Hard resetting via RTS pin...

```

Fonte: Autoria própria.

Figura 37. Transmissão de dados através de monitor serial

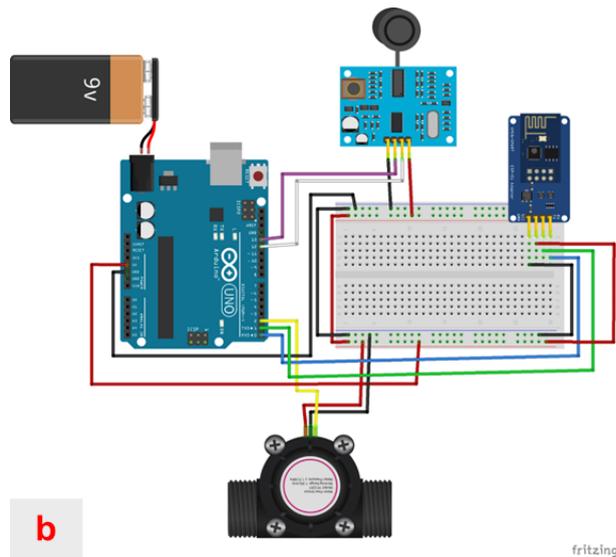
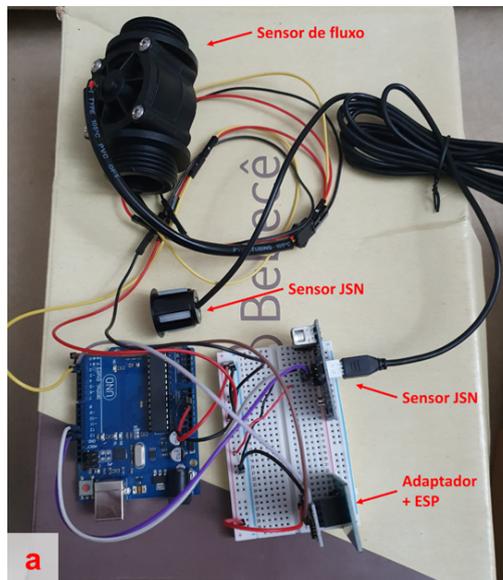
```

Codigo_TCC_Arduino.ino
42 |   attachInterrupt(0, vazao, RISING);
43 | }
44
45 void loop() {
46
47   contador = 0; //Zera a variável
48   interrupts(); //Habilita interrupção
49   delay(1000); //Aguarda 1 segundo
50   noInterrupts(); //Desabilita interrupção
51
52   fluxo = (contador / 4.8); //Converte para L/min
53   media = media + fluxo; //Soma a vazão para o calculo da media
54   i++;
55   Mililitros = fluxo / 60;
56   volume = volume + Mililitros;
57
58   if (i == 60) {
59     Min++;
60
Output  Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM3')
New Line 115200 baud
117.50;12.50;0.21;1;60;

```

Fonte: Autoria própria.

Figura 38. Ligações Arduino, ESP-01 e sensores (a) Teste (b) Esquemático utilizando o *software fritzing*



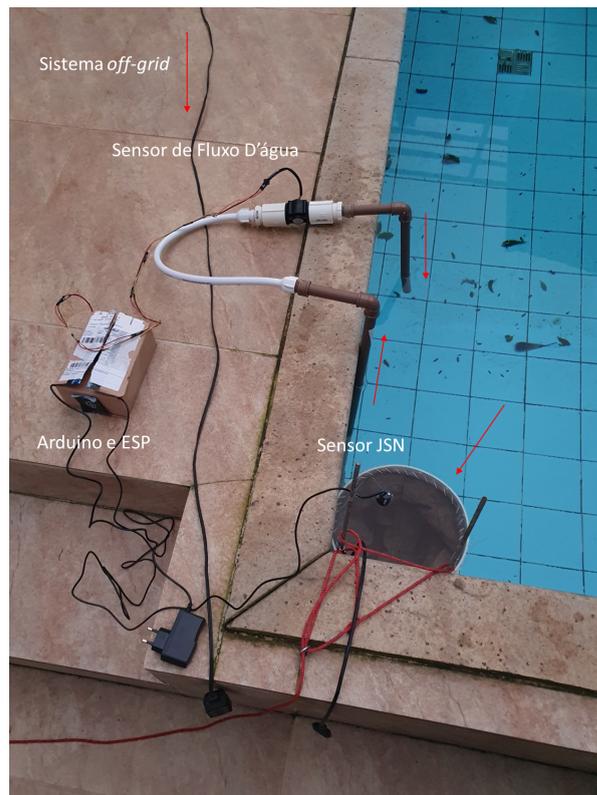
Fonte: Autoria própria.

No caso do Arduino, a linguagem permanece a mesma. O mesmo código utilizado para o Bluetooth é reaproveitado apenas com pequenos ajustes. Para o cálculo da distância, o sensor JSN faz várias medições e através da média ela é ajustada. Já o sensor de fluxo deve passar por algumas conversões que dependem da vazão medida. Como o sensor escolhido foi de 60 L/min, a taxa de conversão de pulsos para L/min é 4,8. Para a gravação do código no Arduino, o ESP não deve estar conectado à protoboard. Caso esteja, a gravação não acontecerá e ele tentará

conectar e enviar dados. Portanto, o ESP só deve ser conectado ao Arduino após as gravações de ambos microcontroladores.

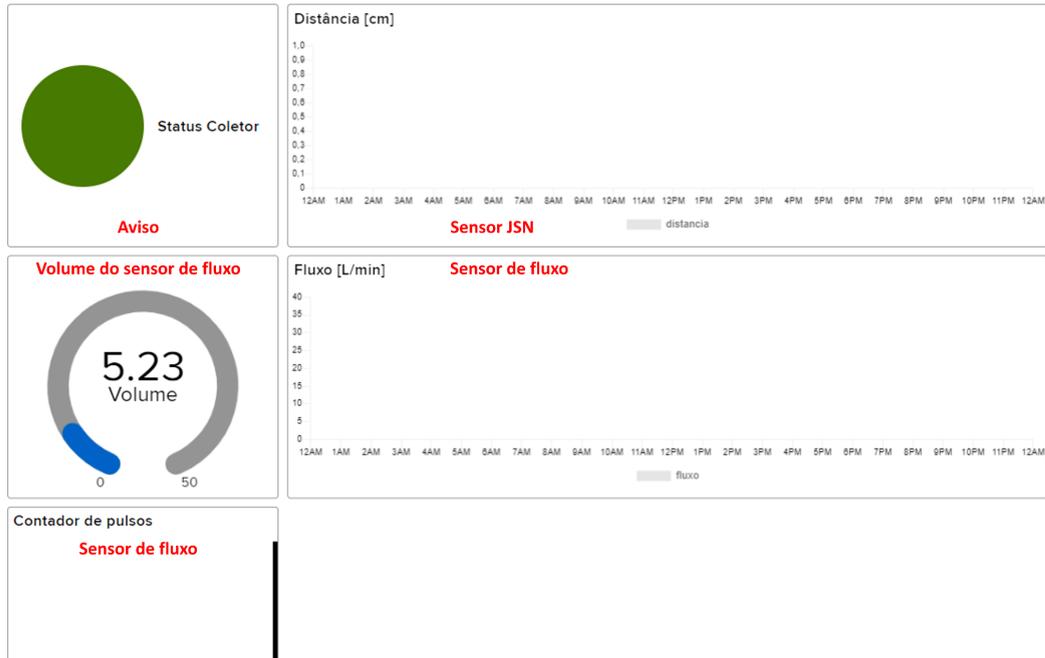
Como os sensores estão ligados diretamente ao coletor, fez-se necessário a compra de uma fonte de 9V para ligar o arduino enquanto os testes eram realizados (Figura 39). Para a construção do dashboard na Adafruit, vários parâmetros e modelos ficam disponíveis para uso, como gráficos de linha, controles, indicadores e listagem de dados em tempo real, etc. Basta ter o *feed* criado, e conectar ao visual desejado. Os feeds armazenam todo o histórico de medição dos sensores e variáveis, disponibilizando em json e csv. Para o coletor, foram utilizados gráficos de linha para acompanhar a distância e o fluxo, um medidor para o volume, um indicador para o status do coletor e um acompanhamento em tempo real (assim como o monitor serial) dos pulsos do sensor de fluxo (Figura 40).

Figura 39. Estrutura de testes com sensores com indicativo do fluxo de d'água



Fonte: Autoria própria.

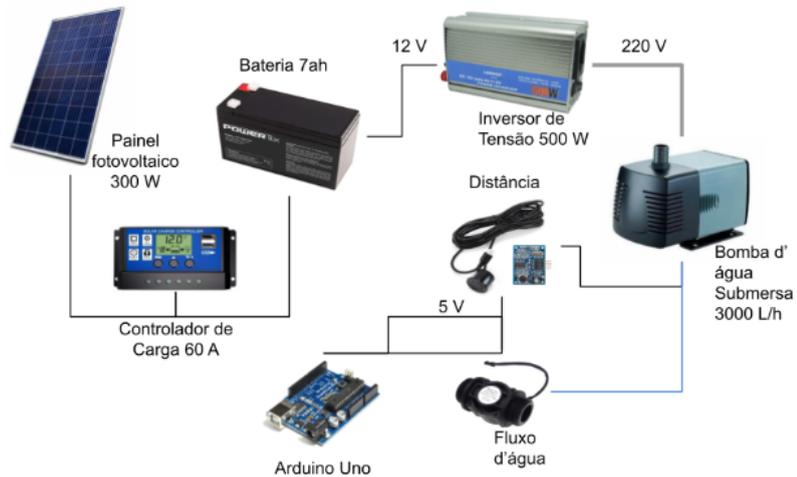
Figura 40. Dashboard desenvolvido para monitoramento do coletor em teste



Fonte: Autoria própria.

O sistema como um todo pode ser observado na Figura 41.

Figura 41. Diagrama de ligações do sistema com sensores



Fonte: Autoria própria

Com relação aos custos do projeto, para o primeiro teste foi um total de R\$435, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Custos dos testes da bomba 1

Material	Quantidade	Valor Unitário [R\$]	Total [R\$]
Bomba	1	205,19	205,19
Arduino	1	90	90
Juta	1	20	20
Jumpers	1	20	20
Protoboard	1	9,4	9,4
Sensor JSN	1	43	43
Balde	1	34,8	34,8
Fios 1,5mm	3	1,5	4,5
Cano 1"	3	9,9	29,7
Joelho 90°	6	3,8	22,8
Joelho 45°	1	5,99	5,99
Adaptador	2	3,2	6,4
União Soldável	1	17,9	17,9
Cola	1	5,5	5,5
Fita Veda Rosca	1	9,9	9,9
Sifão	1	21,9	21,9
Borboleta inox	6	2,7	16,2
Adaptador (luva e cap)	1	11,2	11,2
Total:			R\$ 420,18

Fonte: Autoria própria.

Já para o terceiro teste, o total foi de R\$1.047,6 (Tabela 7).

Tabela 7. Custos dos testes com a bomba 3

Item	Quantidade	Preço	Total
Balde Cloro	2	R\$ 34,80	R\$ 69,60
Juta 1m	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Bomba submersa	1	R\$ 213,75	R\$ 213,75
Painel fotovoltaico 300W + Controlador de carga 60A	1	R\$ 192,96	R\$ 192,96
Inversor Tensão 12V-220V	1	R\$ 179,90	R\$ 179,90
Bateria 7ah	1	R\$ 105,60	R\$ 105,60
Sensor JSN	1	R\$ 43,00	R\$ 43,00
Sensor fluxo d'água	1	R\$ 108,98	R\$ 108,98
Sensor ultrassônico	1	R\$ 25,90	R\$ 25,90
Fios 1,5 mm ² 2m	2	R\$ 2,40	R\$ 4,80
Cano 20 mm 1m	2	R\$ 4,45	R\$ 8,90
Joelho 20 mm	5	R\$ 0,80	R\$ 4,00
ESP-01	1	R\$ 21,75	R\$ 21,75
Adaptador ESP	1	R\$ 9,90	R\$ 9,90
Adaptador ESP USB	1	R\$ 12,25	R\$ 12,25
Bucha redutora	1	R\$ 13,90	R\$ 13,90
Rosca 1"	2	R\$ 6,20	R\$ 12,40
Total:			R\$ 1.047,59

Fonte: Autoria própria.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após meses de testes, foi possível observar alguns requisitos para o bom funcionamento do coletor, como por exemplo, a estabilidade do coletor. Para isso, a carcaça deve impreterivelmente estar fixa. Por conta da estrutura da carcaça ser fina, as hastes proporcionam a estabilização necessária que anteriormente não foi observada com o encanamento como suporte. Durante as primeiras semanas de teste com a bomba de 3000 L/h, uma dentre as três hastes foi retirada para verificação, causando um impacto significativo na coleta. O fluxo de água era instável, pois o coletor atingia o estado cheio com maior rapidez e o alcance de coleta diminuía consideravelmente. Objetos como garrafas e objetos maiores não eram capturados, apesar da vazão. Por conta da realização dos testes da Bomba 3 serem na piscina, e pela ausência de suporte para as hastes, a fixação se deu por uma das hastes através de cordas, enquanto as 2 restantes eram controladas manualmente pela autora.

A fixação em questão também influencia na proteção da bomba. Caso esteja fixo acima do nível d'água, o risco do esvaziamento é maior, podendo danificar a bomba. Bombas mais simples e baratas encontradas no mercado, utilizadas para os testes em questão, não possuem proteção contra a falta d'água. Como comentado durante o desenvolvimento, o ideal para estabilização é manter 2 cm abaixo do nível. O mesmo posicionamento foi utilizado nos testes com a bomba de maior vazão (Bomba 2).

Outro detalhe observado foi o tipo de lixo coletado. Objetos que estejam parcialmente boiando apresentaram maior dificuldade da entrada. Durante testes com a Bomba 3 foram utilizadas folhas maiores e mais pesadas, estando metade do corpo embaixo d'água. Nestes casos, o coletor não conseguiu coletar as folhas. O mesmo se deu no caso das sacolas. Foram utilizadas tanto sacolas secas, ou seja, com contato recente com a água como também sacolas mais úmidas ou completamente molhadas. As sacolas secas, que possuíam superfície de contato maior com a água, apresentaram maior dificuldade na coleta. Já objetos leves, como folhas pequenas, tampas, copos e garrafas foram coletados com facilidade. Para a Bomba 1, garrafas não foram coletadas. Entravam em contato com o coletor e boiavam em seguida para longe. A Bomba 2 não apresentou dificuldade em coletar objetos maiores. Dentre as 3, ela apresentou a melhor performance, confirmando o

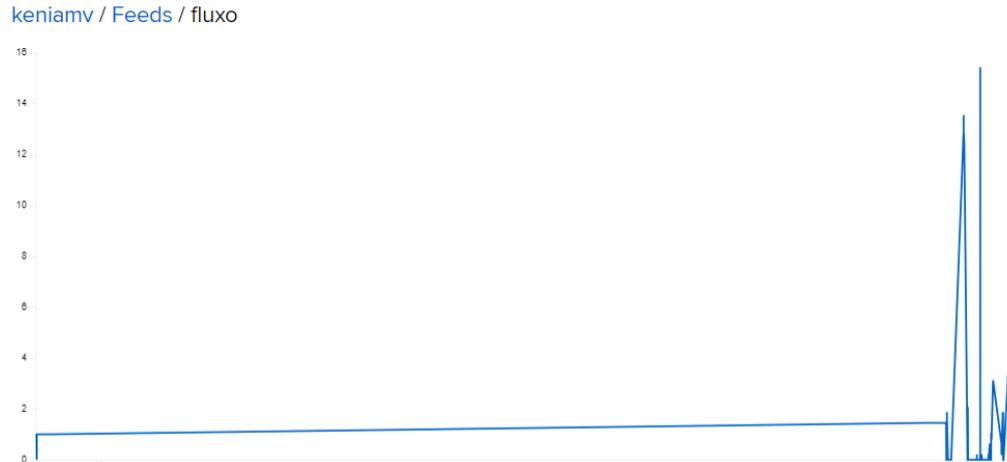
cálculo para escolha da vazão.

Sobre o encanamento, tanto nos testes da Bomba 1 como Bomba 3 o sistema passou por ajustes. Dentre as 2 opções utilizadas, cano de pvc e sifão/bucha redutora, o manuseio foi simplificado quando a quantidade de canos diminuiu. Apesar do uso ser mais comum, os canos causaram problemas durante os testes. Um deles foi observado na Bomba 1, que apesar de realizado o procedimento de retirada do ar, sempre se fez necessário repetir a cada ligação pois a bomba não entrava em funcionamento. Além do ar, a rigidez causada pela instalação afetava o manuseio consideravelmente. Isto foi observado durante os testes com a Bomba 3, que além de desmontar com maior facilidade, também danificava bomba e carcaça. Para diminuir este efeito, foi necessário fazer a troca por sifões e buchas, que deixaram o sistema mais leve e maleável.

Durante os testes percebeu-se certa dificuldade na entrada dos objetos quando a malha estava em contato direto. Foi então desenvolvido uma segunda peça que levava a malha em seu interior. O objetivo era que ao ligar a bomba a peça abaixasse com o fluxo e ao desligar era esperado o retorno ao ponto inicial. Durante os testes com a Bomba 3 a primeira ação foi observada, porém o retorno não acontecia. O espaço entre carcaça e peça era pequeno, o que levou a formação de vácuo na descida. Apesar da ausência de retorno, com a separação da carcaça, a limpeza da malha se tornou mais rápida ao somente levantar a peça.

Além da peça, o sistema off-grid também se mostrou eficiente na replicação do modelo original. Durante o funcionamento foi possível simular o sistema liga-desliga, utilizado pela empresa Seabin. Por conta da peça interna não retornar ao seu estado original quando a bomba desliga, o coletor atingia o estado cheio com maior facilidade. O envio de pulsos foi observado durante o monitoramento via Adafruit, conforme Figura 42. Durante os testes com o inversor, por conta da alta temperatura do dia, ele entrou em modo de proteção, retornando após alguns minutos ao estado normal. Para uma melhor utilização, foi utilizada uma proteção contra o sol enquanto eram realizados os testes. Com relação a carga da bateria, era esperado no máximo 1 dia para uma placa de 300W, considerando 5 horas de luz solar por dia. Porém observou-se de 1,5 a 2 dias para 80% da carga, o que indica uma placa menor do que o esperado. No geral, isto não afetou os testes pois a bateria era utilizada alternadamente.

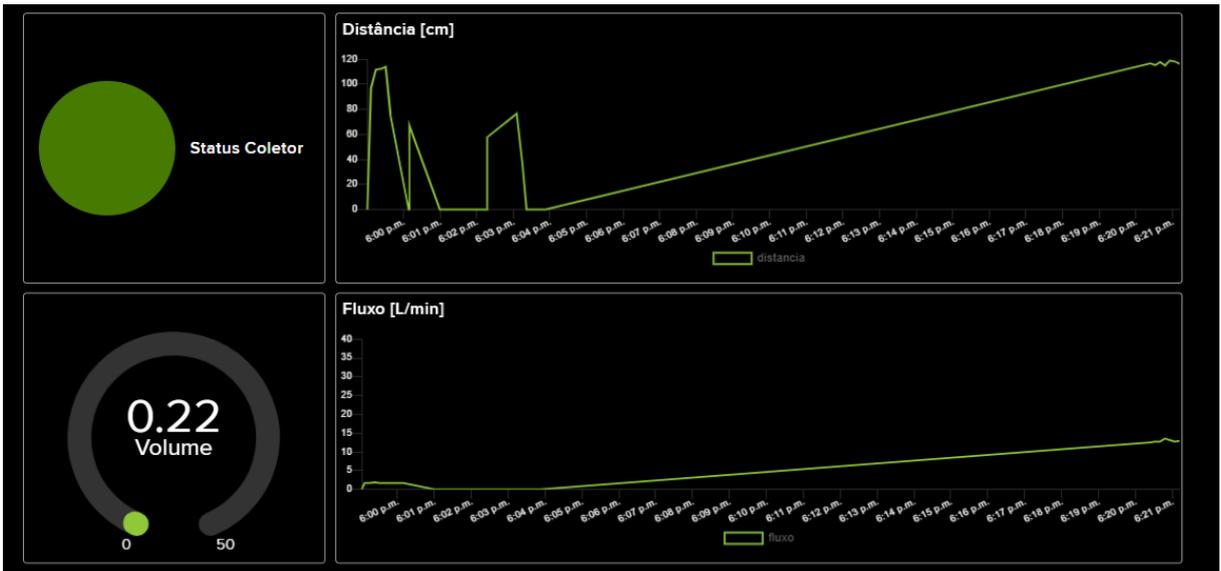
Figura 42. Detecção de pulsos a partir do sensor de fluxo



Fonte: A autoria própria.

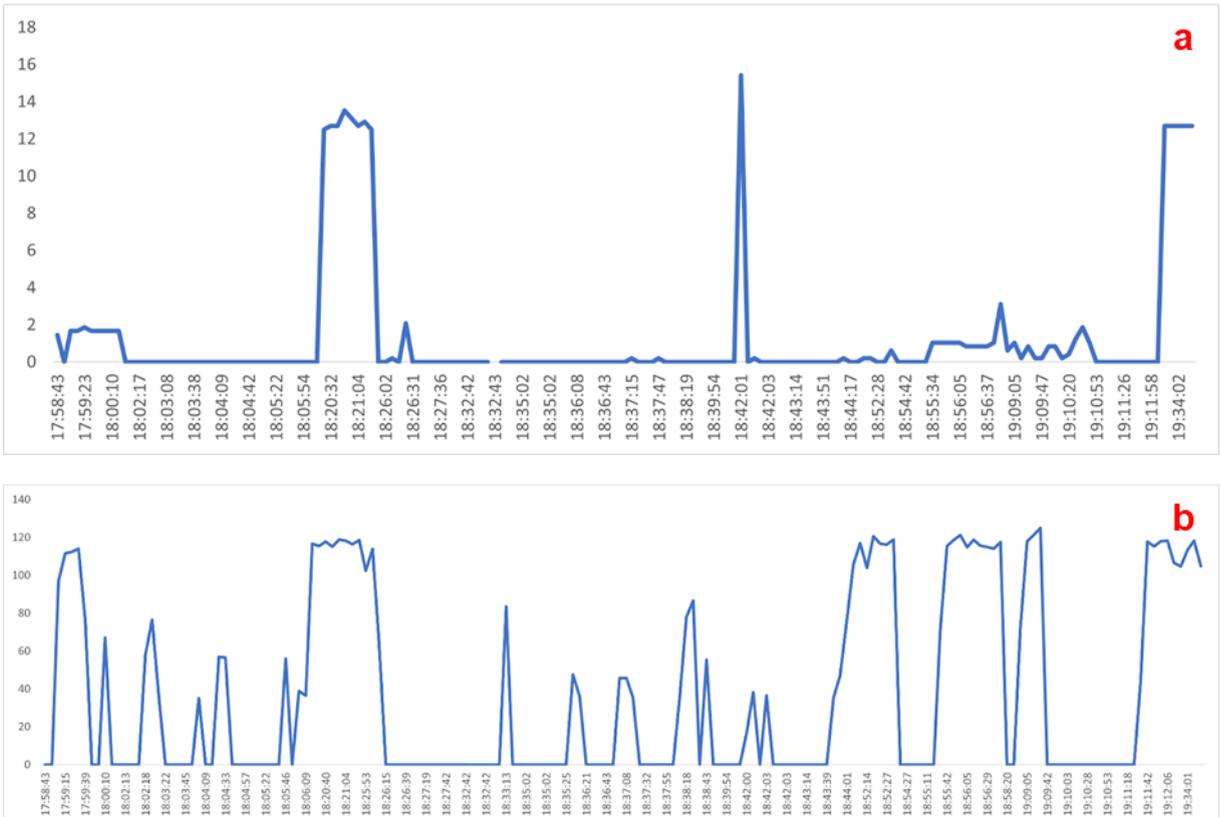
A comunicação entre coletor e a plataforma Adafruit também se mostrou promissora. Segundos após a ligação do arduino, através da fonte de 9V, o painel já é atualizado em tempo real, conforme Figura 43. Uma dificuldade encontrada foi com relação a conexão com a internet. Devido a instabilidade da rede e distância do coletor, alguns dados não eram registrados em tempo real pois a rede não era encontrada pelo ESP. Portanto foi necessário que o roteador estivesse mais próximo ao local de testes. Para simular uma rede local, foi utilizado o roteador de dados móveis para manter uma conexão constante com o wifi. Para isso, somente a regravação do arquivo config.h foi realizada. Uma grande vantagem do uso da plataforma foi o histórico dos dados coletados durante os testes, o que possibilitou ajustes durante o acompanhamento. Como por exemplo, através do painel foi possível detectar o uso incorreto do sensor de fluxo, que estava instalado com entrada e saída de água invertidos. A detecção do erro foi possível através do acompanhamento do fluxo que se mantinha em 0 e apresentava picos, contrária a estabilidade esperada (Figura 44.a). Já no acompanhamento da distância e estado do coletor, as simulações foram de acordo com o planejado. À medida que era detectado lixo na distância pré estabelecida como máximo, o coletor apresentava status “Cheio”, conforme Figuras 44.b e 44.c. Durante testes este mesmo status foi apresentado quando o coletor apresentou nível alto de água. Na Figura 45 estão os estados com lixo, água e quando vazio.

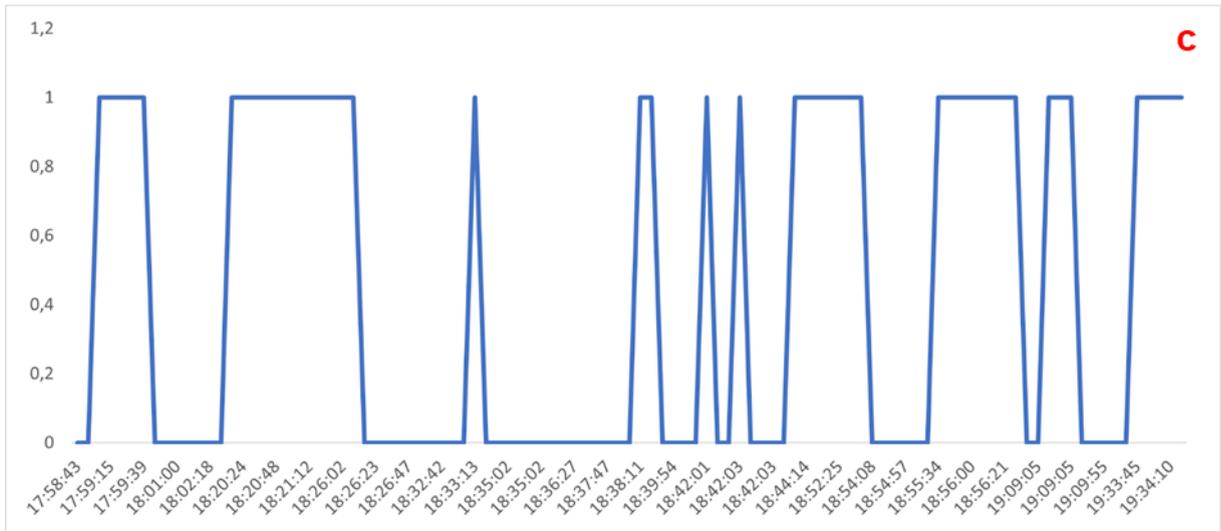
Figura 43. Monitoramento através da plataforma Adafruit



Fonte: Autoria própria.

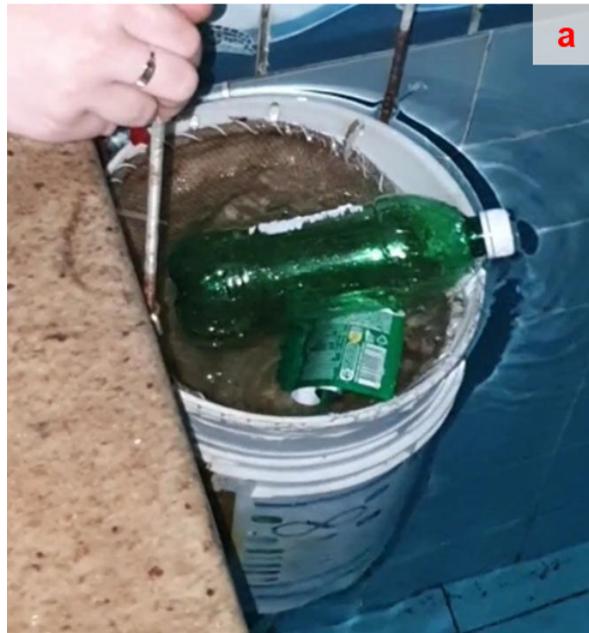
Figura 44. Comportamento das variáveis (a) fluxo (b) distância (c) estado do coletor

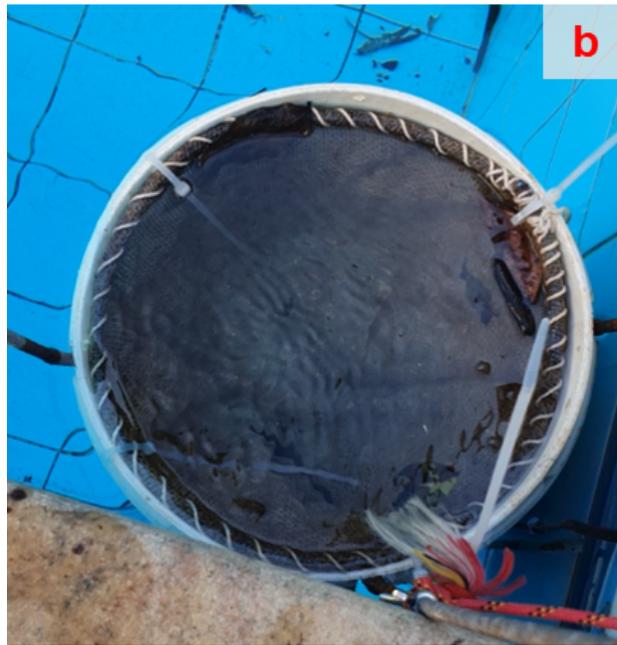




Fonte: Autoria Própria.

Figura 45. Status do coletor (a) Cheio de lixo (b) Cheio com água (c) Vazio

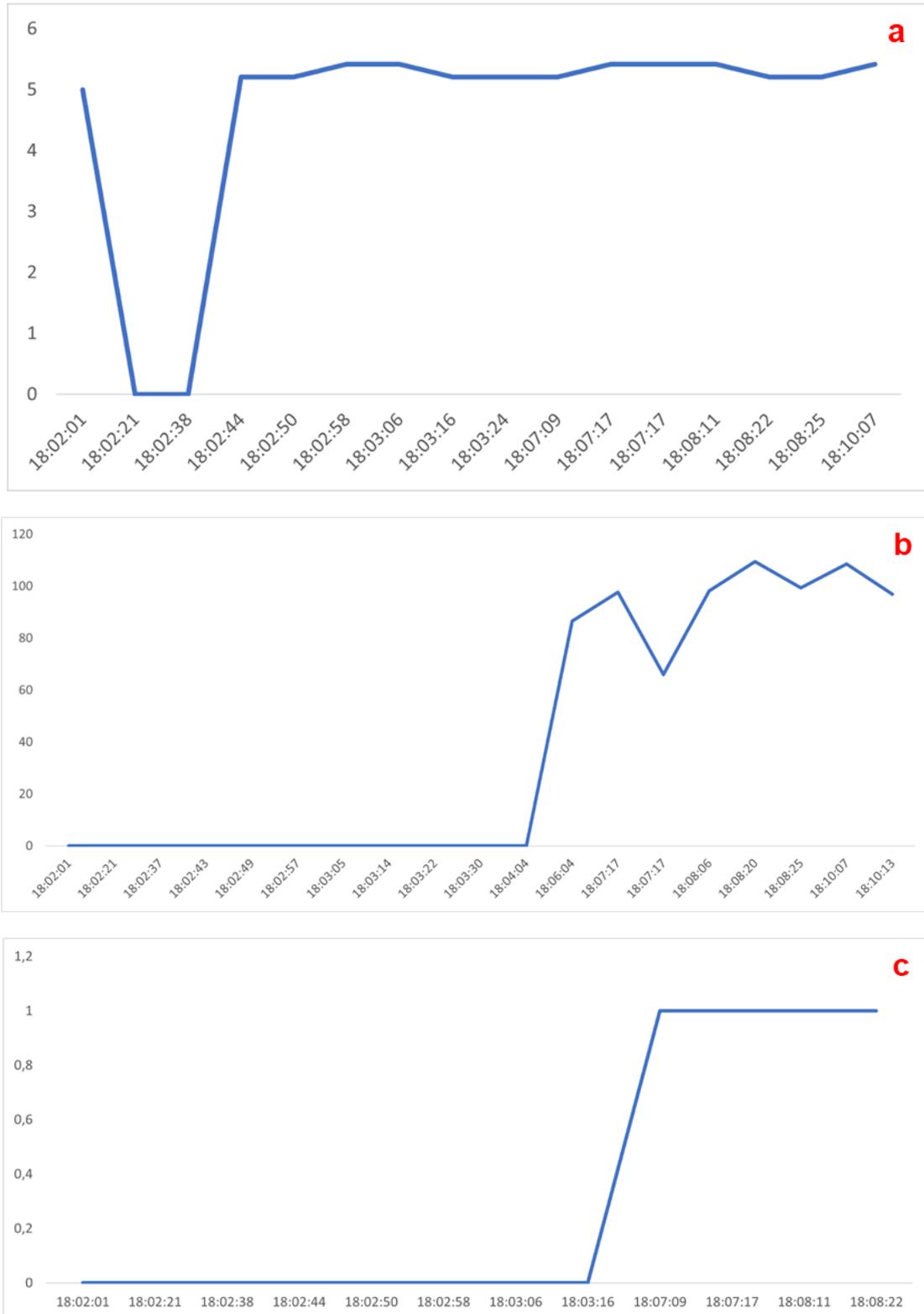




Fonte: Autoria própria.

Após correção do sensor, também através do painel foi possível observar se havia ou não instabilidade na coleta dependendo do estado do coletor. Quando cheio, o fluxo diminui consideravelmente, pois a bomba deixa de puxar água conforme o esperado. A Figura 46.a ilustra este funcionamento, na primeira parte do gráfico, no qual se simulou o preenchimento total do coletor. O mesmo comportamento foi observado na falta de água.

Figura 46. Comportamento das variáveis pós ajuste (a) fluxo (b) distância (c) estado do coletor

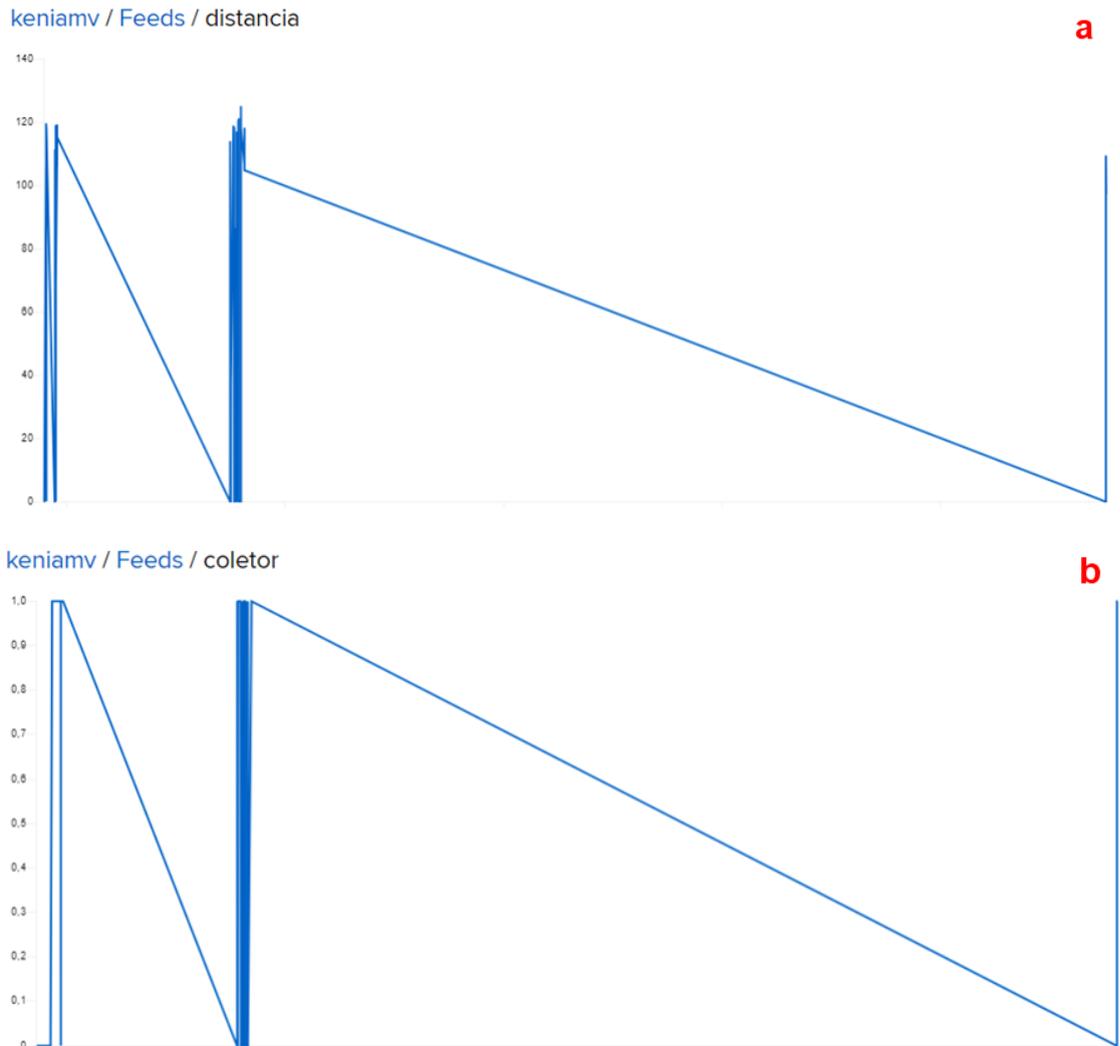


Fonte: Autoria própria.

Outro detalhe observado foi a ligação direta entre distância e estado do

coletor, que era esperado como já observado na Figura 44. A Figura 47 (a) representa a distância e a (b) mostra o estado. O código estabelecia uma distância mínima para o funcionamento, que quase atingida iniciaria o aviso para verificar ou desligar o coletor. Conforme esperado, as variáveis apresentam comportamento semelhante, confirmando assim o acompanhamento.

Figura 47. Acompanhamento variáveis: (a) distância (b) aviso coletor



Fonte: Autoria própria.

Durante a escolha do coletor foi apontada a possibilidade de captura de organismos que estivessem próximos da região de coleta. Para testes tanto da bomba 1 como da bomba 2 não foi observada esta possibilidade. Ao utilizar a bomba 2, objetos que já estivessem submersos ou flutuando com boa parte já embaixo d'água não foram coletados. Apenas 2 tipos de organismos foram coletados, abelhas e aranhas que se encontravam na superfície dentro da região de coleta. Isto

não descarta a possibilidade da coleta para bombas com maiores vazões.

5 CONCLUSÃO

Ao final deste projeto foi possível observar que quatro das cinco hipóteses se apresentam como verdadeiras. Com relação ao funcionamento do coletor, se faz necessário uso de bomba submersa, que possua vazão superior ao calculado, como a bomba 3. Por possuir uma estrutura estática, somente o movimento da água não garante a coleta adequada além de não proporcionar troca de água entre os ambientes. Em razão disso, a estrutura carcaça e malha são eficientes em parte.

Apesar da inserção da bomba, o primeiro modelo com malha fixa na carcaça afeta tanto a coleta como dificulta o manuseio e limpeza do coletor. Portanto, para tornar o modelo eficiente, se faz necessário a inclusão de um segundo componente ao sistema. Uma sugestão para futuros projetos é o ajuste no movimento desse componente interno, para que não haja atrito nem restrições. Isto pode ser alcançado com o ajuste da carcaça para que exista um encaixe para esta parte interna como também através de motores externos responsáveis pelo movimento de sobe-desce. Com este ajuste, o risco de perda dos objetos coletados ao desligar a bomba seria reduzido drasticamente.

Com relação a alimentação alternativa, foi observado um possível sistema liga-desliga através de controladores, além de garantir uma alimentação primária para regiões afastadas. Uma possibilidade de acompanhamento da carga e descarga da bateria seria a adição de um sensor de tensão na saída com comunicação integrada ao ESP. Apesar da bateria ser pequena, a carga foi suficiente para o funcionamento do coletor durante os testes.

O monitoramento através dos dois sensores escolhidos foi conforme o esperado. Apesar da conexão distância e aviso terem funcionado corretamente, algumas interferências foram observadas dependendo da localização do lixo durante a coleta. O objetivo de sua utilização era dar como cheio ou não o coletor, porém o acompanhamento do nível de água não foi considerado em seu acompanhamento. Como sugestão para futuros projetos está a utilização de sensor de nível como complemento para proteção da bomba, além de auxiliar na detecção de água ou lixo no acompanhamento. Durante o estudo, foi apontado o possível contato com o lixo coletado. Como alternativa para uso do sensor, seria o desenvolvimento de um compartimento separado para sua alocação. Neste compartimento entraria somente a água, enquanto a coleta em outro. Uma possibilidade seria estabelecer um valor

mínimo para o fluxo e então conectar um relé para desligar a bomba caso atinja número mínimo de fluxo ou nível d'água. Para futuros trabalhos também se faz necessária a análise das flutuações observadas na medição dos sensores, verificando possíveis interferências de sinais ou adição de sensores do mesmo tipo.

Para a comunicação com o usuário, a ferramenta mais precisa foi o ESP, possibilitando não somente a utilização da plataforma Adafruit como outras do tipo IoT, como o Blynk. Sua utilização depende de roteadores próximos ao coletor, portanto não é possível o acompanhamento em tempo real quando o ESP não detecta o sinal. Durante os testes isso ocorreu, porém o armazenamento de dados na plataforma ocorreu a partir da detecção tardia. Como sugestão para futuros projetos seria a utilização de tecnologias como o LoRa para recepção de sinal de não só um mas uma rede de coletores. No caso do ESP, a troca pelo ESP 32 que possui maior alcance de sinais além de Bluetooth integrado é interessante.

Assim, o coletor foi desenvolvido para uma estrutura reduzida com monitoramento em tempo real, sendo este acompanhado pelo usuário via plataforma Adafruit. Através dos testes foi possível determinar a vazão necessária e ajustes para futuros projetos.

REFERÊNCIAS

24 PRESSE. **Seabin Pty Ltd and Poralu Marine announce their partnership in the manufacturing of 'Seabin' a collector system of floating plastic waste**, 2016. Disponível em: https://www.24presse.com/seabin_pty_ltd_and_poralu_marine_announce_their_partnership_in_the_manufacturing_of__seabin__a_collector_system_of_floating_plastic_waste-9918467.html/#.Ym81HujMLrd.

Abu-Qdais, H.A. and Al-Ghazo, M.A. and Al-Ghazo, E.M. **Statistical analysis and characteristics of hospital medical waste under novel Coronavirus outbreak**. Global Journal of Environmental Science and Management, vol 6, Special Issue (Covid-19), p. 21-30, 2020. doi = 10.22034/GJESM.2019.06.SI.03

BESSELING, Ellen. **Fate of nano- and microplastic in freshwater systems: A modeling study**, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.001>

BÖLL, Fundação Heinrich. **Atlas do Plástico**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2020. 64 p. Disponível em: <https://br.boell.org/sites/default/files/2020-11/Atlas%20do%20PI%C3%A1stico%20-%20vers%C3%A3o%20digital%20-%2030%20de%20novembro%20de%202020.pdf>.

CSIRO. **Marine pollution: sources, distribution and fate**, 2021. Disponível em: <https://www.csiro.au/en/research/natural-environment/oceans/Marine-debris>.

ECODEBATE. **Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2021/06/29/composicao-gravimetrica-dos-residuos-solidos-urbanos-no-brasil/>.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The New Plastics Economy - Rethinking The Future Of Plastics**, 2014.

GARAU, Annie. **Mr. Trash Wheel, The Solar-Powered Water Wheel, Has Removed Over 1 Million Pounds Of Trash From Baltimore Waterways**, 2017. Disponível em: <https://allthatsinteresting.com/mr-trash-wheelx>.

GONÇALVES, Eliane. **80 milhões de toneladas de resíduos são produzidos no país a cada ano**, 2021. Disponível em: <https://itajai.sc.gov.br/noticia/26957/itajai-intensifica-coleta-de-residuos-reciclaveis#.YhM1VujMLrd>.

GREEN, Anna. **Drones Are Now Cleaning Up Ocean Trash, 2016**. Disponível em: <https://www.mentalfloss.com/article/86076/drones-are-now-cleaning-ocean-trash>.

Gregory MR. **Environmental implications of plastic debris in marine settings--entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions**. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2009 Jul 27;364(1526):2013-25. doi: 10.1098/rstb.2008.0265. PMID: 19528053; PMCID:

PMC2873013.

IWANICKI, Lara; ZAMBONI, Ademilson. **Um oceano livre de plástico : desafios para reduzir a poluição marinha no Brasil.** -- 1. ed. -- Brasília, DF : Oceana Brasil, 2020. Disponível em: <https://brasil.oceana.org/wp-content/uploads/sites/23/Um-Oceano-Livre-de-Plastico.pdf>.

KLEMEŠ, Jiří Jaromír, FAN, Yee Van, TAN, Raymond R., JIANG, Peng. **Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 127, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109883>.

KÜHN, S., van Franeker, J.A., 2020. **Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna.** Mar. Pollut. Bull. 151, 110858. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110858>.

LAVARS, Nick. **Ocean Cleanup's plastic-catching barriers stand tall in Pacific tow tests,** 2018. Disponível em: <https://newatlas.com/ocean-cleanup-tow-test-pacific/55431/>.

LEÓN, Lucas Pordeus. **Pandemia intensifica problema do descarte de plásticos.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2021-01/pandemia-intensifica-problema-do-descarte-de-plasticos>.

MACHADO, Anderson; KLOAS, Werner. **Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems,** 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.14020>

MACHADO, AA de Souza, Kloas, W, Zarfl, C, Hempel, S, Rillig, MC. **Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems.** Glob Change Biol. 2018; 24: 1405– 1416. <https://doi-org.ez130.periodicos.capes.gov.br/10.1111/gcb.14020>

MARKOSE, Jithu; K.V, Rahul Prakash, K.P, Maneesh, MANOHAR, Niketh. **Automatic Trash Removal System in Water Bodies,** 2017.

Município de Itajaí. **Itajaí intensifica coleta de resíduos recicláveis,** 2021. Disponível em: <https://itajai.sc.gov.br/noticia/26957/itajai-intensifica-coleta-de-residuos-reciclaveis#.YhM1VujMLrd>.

NEWSRX HEALTH. **New study pinpoints likely path of COVID-related plastic waste in the ocean,** 28 Nov. 2021, p. 31. Gale Academic OneFile, <link.gale.com/apps/doc/A683377918/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=7dce0bad>.

OTHMAN, Hirdy et al 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1444 012040

PLASTIC EUROPE. **Plastics – the Facts 2022**, 2022. Disponível em: <<https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>>

QAMAR SCHUYLER, BRITTA DENISE HARDESTY, CHRIS WILCOX, AND KATHY TOWNSEND, 2013. **Global Analysis of Anthropogenic Debris Ingestion by Sea Turtles**.

ROSA, Cristiane; WIDMER, Walter Martin. **DIAGNÓSTICO DO LIXO MARINHO E AÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA PRAIA DE NAVEGANTES/SC**, 2019.

ROSA, Cristiane; WIDMER, Walter Martin. **Diagnóstico do lixo marinho na Praia de Navegantes/SC em períodos de baixa e alta vazão do Rio Itajaí-Açu**, 2021.

SANTOS, Robson; CAPUSKA, Gabriel; ANDRADE, Ryan. **Plastic ingestion as an evolutionary trap: Toward a holistic understanding**, 2021. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abh0945>.

SEABIN. **Research Book**, 2022. Disponível em: https://seabinproject.com/wp-content/uploads/2019/04/seabin_overview_book.pdf.

SINHA, Aakash. Ro-boat: River Cleaning Robot in action in Yamuna River, 2013. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LA6ojYSczBo>.

SILVA, Ana L. Patrício, PRATA, Joana C., WALKER, Tony R., DUARTE, Armando C., OUYANG, Wei, BARCELÒ, Damià, SANTOS, Teresa Rocha. **Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations**, Chemical Engineering Journal, Volume 405, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>.

UNEP. **Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change**, 2016.

WWF. **Solucionar A Poluição Plástica: Transparência E Responsabilização**, 2019. Disponível em: https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/51804/1552932397PLASTIC_REPOR T_02-2019_Portugues_FINAL.pdf

WHITACRE, D. M. (2014). **Reviews of environmental contamination and toxicology**, vol. 227. New York, NY: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03777-6>

WIDMER, Walter Martin; HENNEMANN, Mariana Coutinho. **Marine Debris in the Island of Santa Catarina, South Brazil: Spatial Patterns, Composition, and Biological Aspects**, 2010.