

Sistema para Avaliação de Dados de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais

Anderson Quintino da Fonseca¹, ¹Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Brasil, ; Campus Itatiba, quintino.sp@gmail.com, Kelvyn Souza Santana², ²Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Campus Itatiba, Brasil, kelvyn.santana@hotmail.com, Vicente Idalberto Becerra Sablón³, ³Professor Orientador, Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Campus Itatiba, Brasil, vicente.sablón@usf.edu.br, ⁴Anete Silva Faesarella, ⁴Docente do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco, Campus Itatiba, Brasil, anete.faesarella@usf.edu.br.

Resumo– Neste artigo, apresenta-se um sistema para avaliação de dados de monitoramento da qualidade de águas superficiais. Trata-se de um sistema ciber físico, que pode ser controlado remotamente, via aplicativo a partir de dispositivos móveis, sendo capaz de realizar medições de três parâmetros importantes do Índice de Qualidade da Água, que são a temperatura, a turbidez e o potencial hidrogeniônico. O sistema é equipado com um dispositivo para coleta e armazenamento de água, além disso, o protótipo tem a funcionalidade de gravar os dados obtidos e exportá-los para uma planilha. Para seu desenvolvimento foi utilizado a plataforma de prototipagem de hardware livre que é capaz de integrar sensores e atuadores de forma discreta ou analógica, além de conter shields que facilitam o uso de módulos mais complexos como sistemas de comunicação de dados. Com o sistema ciber físico integrado e a embarcação construída, testes de campo foram realizados, erros reparados e o protótipo validado

Palavras-chave– Plataforma Computacional, Monitoramento de Água, Controle remoto.

I. INTRODUÇÃO

“A Organização das Nações Unidas (ONU) divulgou uma nota com uma previsão de que até 2050, aproximadamente 45% da população não terá a quantidade mínima de água”. No Brasil, segundo levantamento da Fundação SOS Mata Atlântica [1], a água é ruim ou péssima em 40% dos 96 rios, córregos e lagos avaliados em sete estados brasileiros. Devido ao aumento da população, há a necessidade da expansão da agricultura e de setores da indústria, que avançam sem os devidos planejamentos causando a contaminação de todo um ecossistema. No Brasil o gerenciamento das águas internas é realizado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), criada em 2000 com a função de regular e planejar os recursos hídricos, realizar o monitoramento e apoiar a gestão hídrica dos Estados. Em 2013 a ANA criou a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas (RNQA), para padronizar e ampliar o monitoramento quantitativo e qualitativo a nível nacional. Segundo a ANA (2021), existem aproximadamente, em nível estadual, 2.400

pontos de monitoramento da qualidade da água, o que representa uma densidade de 0,26 ponto/1.000 km² para o país. Em comparação a densidade de outros países como a Espanha (2,55 pontos/1.000 km²), França (1,96 ponto/1.000 km²) e Canadá (0,8 ponto/1.000 km²), a densidade nacional é baixa. Considerando a importância da água para a sociedade e os riscos que os ecossistemas aquáticos correm devido às atividades humanas e seu uso inconsequente, e o descaso de eliminações de esgoto, lixo e materiais tóxicos, se cria a motivação para esse projeto de desenvolvimento de uma plataforma computacional de monitoramento para auxiliar técnicos e pesquisadores na coleta de dados de rios, lagos e reservatórios de água para guiar as ações públicas e sociais de preservação e recuperação ambiental. Além dessa motivação provocada pela poluição abrangente das águas brasileiras, também se destaca a motivação provocada pelas lacunas geográficas e temporais observadas nos monitoramentos realizados por cada Estado. E a razão dessa problemática são os custos para se fazer a análise dos corpos d'água que se dão principalmente pela logística do processo de coleta, armazenamento e transporte das amostras[2]. Visto que na etapa de coleta são necessários diversos itens de segurança individuais e coletivos, como aventais, botas, coletes salva vidas, além de amostradores, barcos, sistemas de radiocomunicação, GPS, sinalizadores de fumaça e outros diferentes itens para assegurar uma coleta segura e eficiente [3]. As coletas geralmente são feitas em locais de difícil acesso com vegetação alta, ou locais acidentados que aumentam a probabilidade de acidentes dos técnicos com equipamentos sensíveis, como frascos de vidros e reagentes de preservação. Nesse contexto, a proposta da plataforma de monitoramento é de ser um dispositivo controlado de forma remota capaz de realizar medições in situ (no local) e ao mesmo tempo realizar a coleta de água, promovendo uma alternativa mais econômica e segura para os profissionais da área. Como "cérebro" da plataforma foi escolhido um microcontrolador de software livre que foi integrado a uma balsa para medição de temperatura, turbidez e potencial hidrogeniônico (pH), coleta de água por meio de uma bomba de água e armazenamento em um recipiente.

II.REFERENCIAL TEÓRICO

A. Índice de Qualidade da Água

O IQA é usado principalmente para avaliação da qualidade da água para o abastecimento público. É incorporado a ele nove parâmetros definidos como essenciais, cada qual com seu peso de importância para o cálculo produtivo ponderado do valor do IQA. Os nove parâmetros são o oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio – DBO 5,20, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total. Como não há um padrão nacional, essa faixa de valores estipulados na Tabela 1 para indicação da qualidade da água varia de Estado para Estado, sendo este apresentado o do Estado de São Paulo.

TABELA 1: CLASSIFICAÇÃO DO IQA [4]

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Embora seja usado para avaliação da qualidade da água de abastecimento público, a ANA [5] afirma que há uma limitação desse índice devido a ele não considerar outros parâmetros importantes como substâncias tóxicas, protozoários patogênicos e substâncias que mudam as propriedades organoléptica da água. “Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos”[1]. A turbidez, o potencial hidrogeniônico (ph) e a temperature também são indicativos do IQA.

B. Sistema Ciber Físico

Os avanços tecnológicos das últimas décadas promoveram o desenvolvimento de diversos equipamentos, dispositivos e sistemas eletrônicos embarcados complexos que podem ser usados por diferentes tipos de desenvolvedores com diferentes orçamentos. Nesse contexto, um dos critérios para desenvolver o protótipo foi o uso de matérias de baixo custo, conforme Figura 1.

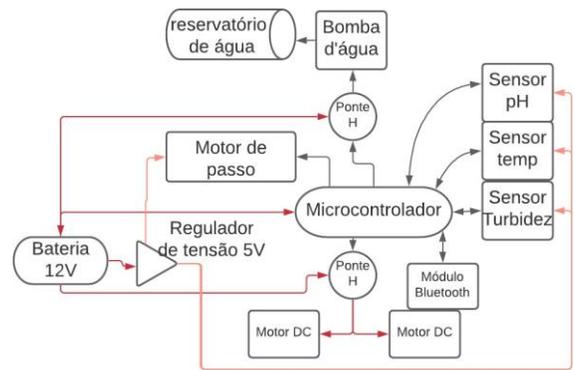


Fig. 1: Esquema da BALSANET

A plataforma possui um microcontrolador como o cérebro que controla os dispositivos externos a ele, como os sensores, para coleta de dados dos parâmetros estipulados no IQA, e atuadores, para movimento da BALSANET e coleta de água para posterior estudo.

Microcontrolador

O microcontrolador incorporado a uma plataforma, pode ser comparado a um computador capaz de realizar tarefas como armazenamento de dados, acionamento e leitura de instrumentos de forma compacta e de baixo custo comparado com os programmable logic controller (PLC) [6]. A plataforma microcontroladora foi escolhida para comandar e monitorar a BALSANET, devido às vantagens apresentadas. *Protocolo de comunicação IEEE 802.15.1 (Bluetooth)*

O Bluetooth, também especificado como IEEE 802.15.1 é uma tecnologia de redes sem fio que faz comunicação através de baixas frequências de rádio. Desenvolvida em 1994, pela empresa Ericsson, inicialmente com o intuito de interconectar equipamentos de telefonia móvel, como fone de ouvido, através de uma tecnologia com baixo consumo de energia e baixo custo [7]. A comunicação via bluetooth é a mais viável para o projeto devido a proposta de usar telefones celulares para controle da embarcação e esses já terem um módulo bluetooth acoplado, assim, facilitando a conexão entre a plataforma e o aplicativo de celular.

Módulo Driver Ponte H

O Módulo Driver Ponte H é um circuito eletrônico utilizado para controlar a velocidade e sentido de giro de motores CC, controlando a tensão do terminal da armadura utilizando sistemas inversores baseados em eletrônica de potência. Esse tipo de controle é denominado modulação por

largura de pulso (PWM) abreviação do inglês Pulse Width Modulation [8]. Usando o microcontrolador como o sistema que envia o sinal de controle, é possível controlar os atuadores do protótipo, controlando sua velocidade e sentido de giro.

Sensores

Na área de instrumentação e controle existem dois tipos de sensores: os discretos e os analógicos. Sensores discretos, são dispositivos que atuam de forma binária apenas indicando se determinado evento está acontecendo ou não, por exemplo os sensores de proximidade que indicam se um objeto está próximo. Em alguns casos além de saber se um objeto está próximo é necessário saber a que distância ele está posicionado e para isso são utilizados os sensores analógicos e quando este sensor é capaz de correlacionar uma grandeza em outra é chamado de transdutor. Os controladores microprocessados conseguem ler apenas grandezas elétricas como resistência, corrente e tensão, deste modo o sensor interage com a grandeza desejada e a converte em sinais elétricos onde o controlador consegue interpretar [9].

Existem diversos tipos de sensores com funções e características distintas, é necessário um bom entendimento do que se deseja monitorar, por exemplo a precisão da medição, faixa de leitura, graus de proteção contra água ou ruídos. Neste projeto são utilizados os seguintes sensores.

Sensor de Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH da água pode ser medido utilizando indicadores ácido-bases, como o indicador universal, o papel tornassol, substâncias líquidas (orgânicas) e o indicador eletrométrico. O método eletrométrico mede a diferença de potencial resultante da diferença de concentração de íons de hidrogênio entre a solução interna do eletrodo e a amostra, sendo considerado o mais preciso entre os indicadores de pH. O método utiliza um aparelho chamado peagâmetro (ou medidor de ph ou pHmetro) que é constituído basicamente por um potenciômetro e um eletrodo de hidrogênio [10][11]. Há diferentes tipos de eletrodos, sendo o usado no projeto um aparelho constituído por um eletrodo de referência, prata coberto por cloreto de prata, e um eletrodo de vidro sensível a íon de hidrogênio.

Sensor de Temperatura

Os sensores convencionais de temperatura são as termorresistências Resistance Temperature Detector (RTD). Como todo condutor elétrico possui resistência que varia de acordo com a temperatura é fácil sua conversão. O mais utilizado é a platina, pois possui 100 ohms a zero graus Celsius e outro modelo muito utilizado na indústria é o termopar. Na eletrônica há muitos modelos digitais e analógicos, que podem ser usados para diferentes fins

Sensor de Turbidez

A turbidez da água é uma das suas características físicas e decorre da presença de substâncias em suspensão, isto é, partículas sólidas suspensas (NBR 9896/1993), sendo sua unidade de medida a Unidade de Turbidez Nefelométrica (NTU) ou a Unidade de turbidez (uT). Para medir esse parâmetro por meio de sensores há dois tipos, os de radiação espalhada (sensores nefelométricos) e os de feixe simples (sensores de absorção) que indicam a turbidez da água a partir da medição da luz que chega até o sensor que está a 180° do emissor e compara com a luz emitida [12].

Atuadores

São dispositivos que produzem movimento, sendo controlados manualmente ou automaticamente via botões, chaves, PLC, computadores ou relés. São usados amplamente onde necessite de alguma forma de energia mecânica podendo ser na forma de rotação utilizando geralmente motores elétricos que convertem energia elétrica em torque ou movimentação linear que utiliza como fonte de energia atuadores pneumáticos ou hidráulicos gerando energia mecânica no final de seu êmbolo. A tecnologia empregada nos atuadores deve ser escolhida conforme a sua aplicação, levando em conta precisão, força, graus de segurança, contaminação e velocidade necessários para confiabilidade no funcionamento da máquina ou dispositivo [13].

Motores de Corrente Contínua

Motores elétricos são máquinas capazes de transformar energia elétrica em energia mecânica e seu uso está destinado a diversas atividades, como manipulação de cargas, transporte de fluidos e entre outros [14]. Um motor elétrico funciona com base em magnetismo e corrente elétricas, sendo de 2 tipos principais, o de corrente contínua (CC) e de corrente alternada (CA), que fundamentalmente utilizam a mesma estrutura, mas funcionam a partir de fontes de alimentação diferentes [15].

O motor de corrente contínua permite controle de velocidade sem perder o torque a baixas rotações, e essa característica é indispensável em situações que exigem controle preciso e força. O motor CC pode ser reduzido a três componentes básicos, que são a bobina, o campo magnético fixo e o comutador. O Campo magnético pode ser gerado por eletroímã ou imã permanente, para baixas potências que é o caso dos motores utilizados na BALSANET, o enrolamento de campo é o modelo de imã permanente deixando a construção mais simples e tendo vantagens como diminuição do espaço, não precisa de excitação externa e nem dissipa potência para criar os campos magnéticos [16].

Bomba D'água Centrífuga

É uma máquina hidráulica que recebe energia de uma fonte motora qualquer e transfere parte dessa energia como forma de energia de pressão, energia cinética ou ambas, para um fluido, transportando-o de um ponto a outro. As bombas podem ser classificadas em diferentes tipos e a que é utilizada no projeto é a do tipo centrífuga. As bombas centrífugas, ou turbobombas ou bombas dinâmicas, movimentam o fluido de um ponto ao outro com a rotação de seu eixo, onde está acoplado um disco dotado de pás, que recebe o fluido pelo seu centro e o expulsa pela periferia. A principal característica da bomba centrífuga é transformar a energia cinética fornecida ao líquido em energia de pressão, garantindo a esse tipo de bomba uma grande vazão [17] [18].

Regulador de Tensão

É um dispositivo eletrônico que mantém a saída estabilizada em uma tensão pré-definida independente da tensão de entrada, conforme certos limites. Geralmente reguladores de tensão são feitos de semicondutores como transistor, diodo zener e circuitos integrados (CI 's). Os reguladores de tensão fabricados em CI possuem a vantagem de terem uma proteção de sobrecarga térmica e sobrecarga de potência, serem menores, mais baratos e mais confiáveis que os outros dois tipos [19] [20].

III.MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para o projeto foi a de desenvolvimento iterativo e incremental, onde inicialmente foi proposto um subconjunto simples de requisitos e iterativamente foi melhorado a proposta e o desenvolvimento do projeto em evoluções subsequentes das versões anteriores até o sistema todo ser implementado. A proposta do projeto surgiu como uma ideia simples de um protótipo de baixo custo, no valor de até R\$ 1.000,00 reais, que pudesse auxiliar técnicos e pesquisadores de diversas regiões do Brasil no monitoramento dos rios, lagos e reservatórios, visto que além de apresentar baixa qualidade de água, o Brasil, também apresenta problemas para realizar o monitoramento delas. Nesse contexto, foi proposto um mapa conceitual para guiar o desenvolvimento do protótipo, sendo ele gradualmente melhorado com o avanço do projeto. Com o mapa conceitual desenvolvido foi realizada uma pesquisa para encontrar soluções de dispositivos eletrônicos de baixo custo capazes de medir os 4 parâmetros básicos em tempo real e que pudessem ser integrados a uma plataforma microcontroladora. Após pesquisas de soluções eletrônicas para o projeto, foi encontrado 4 sensores para a medição dos parâmetros estabelecidos pela PNQA, porém, visto que a proposta do projeto tem como critério soluções de baixo custo, optou-se por alocar no protótipo apenas os sensores

de pH e temperatura, deixando assim o sensor de OD e condutividade para implementação futura. Contudo, só os dois sensores não eram o suficiente nem para uma análise inicial de poluição, por isso, foi necessário averiguar outros meios de tornar a BALSANET um equipamento auxiliar para os profissionais da área. Nesse contexto, com a pesquisa sobre os indicadores de qualidade foi definido que o foco principal da plataforma será coletar os dados dos parâmetros usados no IQA, assim sendo, foi acrescentado um sensor de turbidez ao projeto e para os outros parâmetros poderem ser analisados foi elaborado um sistema de coleta de água baseado no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras [3] [4]. O próximo passo foi realizar uma pesquisa com o foco em microcontroladores presentes no mercado capazes de serem o cérebro da nossa embarcação, sendo escolhido o modelo Arduino Leonardo R3, pois analisando as opções comerciais de *hardware* como node MCU e *Raspberry Pi* pico, o *Arduino* apresentou maiores vantagens pela capacidade de processamento, portas digitais e analógicas disponíveis, baixo custo e uma gama de módulos no mercado para aumentar as funcionalidades dele, como é o caso do módulo *Bluetooth* para conexão com dispositivos celulares de forma remota, sendo assim possível controlar o arduino por meio de um aplicativo. Optou-se por desenvolver o aplicativo de telefones móveis na plataforma App Inventor, que é um ambiente de programação intuitivo que se utiliza de uma ferramenta baseada em blocos para facilitar o desenvolvimento de aplicativos complexos para smartphones e tablets em muito menos tempo que outros ambientes de programação tradicionais [7].

Estabelecido o sistema de controle, os dispositivos de aquisição de dados e coleta de amostras, foi realizado um estudo sobre motores CC para verificar a viabilidade de implementação desses no protótipo. Após estudo, foi definido que 2 motores serão usados na plataforma, pois foi analisado que o uso de um motor acarretaria no uso de um leme para direcionamento do barco, enquanto 2 não se faz necessário e garante mais força à embarcação. Para dimensionar os motores, primeiro foi preciso estipular o peso de todo o sistema em quilogramas (Kg), propor a velocidade da embarcação em metros por segundo (m/s) e definir o raio em metros (m) desejável da hélice dos motores. Com esses dados foi possível calcular o RPM total dos motores, usando a equação 1:

$$RPM=60.\text{velocidade}/\text{perímetro da hélice} \quad (1)$$

Depois foi calculado a potência (P) do motor para atingir a velocidade projetada, equação 2:

$$P=\text{força}.\text{velocidade} \quad (2)$$

Em que a força é dada em newton (N), massa em quilogramas (Kg) e a potência P em watt (W). E por último foi calculado o Torque (τ) total:

$$\tau = (P \cdot 60)/(2\pi \cdot RPM)$$

Em que o torque é dado por N . m. Com esses dados obtidos foi realizada uma pesquisa de motores disponíveis comercialmente que pudessem atender a essas

especificações. Com essa etapa concluída foi elaborada uma Prova do Conceito da BALSANET apresentada na Figura 2.

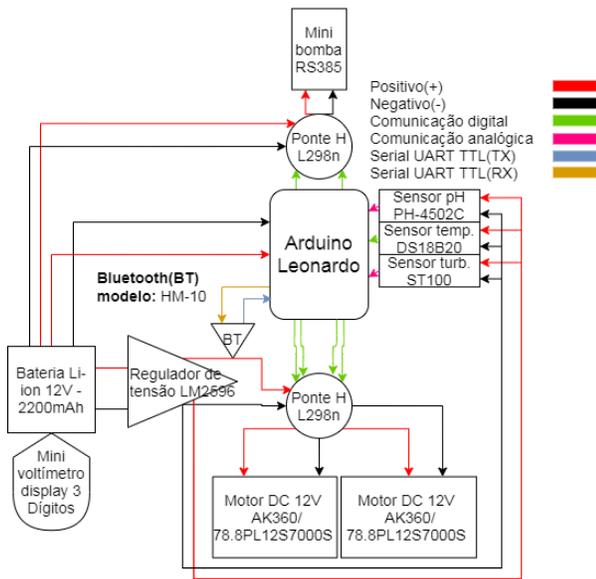


Fig. 2 - Prova do Conceito BALSANET

Com o diagrama esquemático desenvolvido, foi possível simular a disposição de todos os componentes eletrônicos da BALSANET como uma representação da realidade para auxiliar no processo de desenvolvimento do protótipo. A etapa seguinte foi determinar o modelo do barco.

Há diferentes modelos, cada qual com vantagens e desvantagens, mas no caso desse projeto o modelo catamarã foi o escolhido para abrigar o sistema eletrônico. Para seu dimensionamento foi necessário determinar alguns parâmetros e calcular outros, sendo 2 parâmetros iniciais importantes que é o Lwl, do inglês waterline length, que é o comprimento do casco na interface da água, e o Loa, do inglês length for all, que é o comprimento da proa até a popa. Outro parâmetro que deve ser estabelecido é o LBr, que é a razão entre o comprimento e a largura, e dependendo da escolha o barco tem certas vantagens e desvantagens. Com esses dados definidos, usa-se a seguinte fórmula para determinar a largura, na linha da água, Bwl, do inglês beam:

$$Bwl = Lwl / LBr \quad (4)$$

Em que Bwl e Lwl são dados em centímetro (cm). Outro dado que Oliveira (2013) afirma ser importante calcular é a profundidade submersa de projeto Tc, que é determinado pelo coeficiente BTr, que deve ser definido conforme desejado, porém recomenda-se utilizar no intervalo de 1,5 a 2,8. Assim, Tc é calculado Segundo a equação 5:

$$Tc = Bwl / BTr \quad (5)$$

Tc é dado em centímetro (cm). Com esses dados

obtidos foi possível modelar em 3D a embarcação usando o software Sketchup, conforme apresentado na Figura 3.

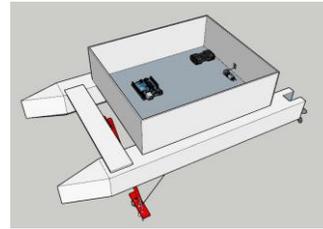


Fig. 3 - Modelo 3D BALSANET

Definido o sistema eletrônico e dimensionado o barco, a próxima etapa foi a realização da codificação do sistema ciber físico. O primeiro passo foi testar separadamente cada componente junto ao arduino fazendo-os funcionar isoladamente. O passo seguinte foi a integração gradual de todos os componentes ao arduino, verificando possíveis conflitos na programação e consertando erros. Simultaneamente, foi desenvolvida várias versões do aplicativo que evoluiu conforme cada componente foi sendo integrado ao sistema e testado. Em paralelo foi construído a embarcação usando como material o poliestireno para prover flutuabilidade e fibra de vidro para proteção e impermeabilidade. Finalizadas as duas atividades, integrou-se o sistema ciber físico à embarcação, assim sendo possível realizar os testes de campo. O primeiro teste de campo foi para averiguar o funcionamento do controle remoto da direção da embarcação por meio do aplicativo, sendo realizado na piscina, conforme Figura 4, visto que é um ambiente seguro caso houvesse problemas.



Fig. 4: Primeiro teste de campo

Após esse primeiro teste realizado em setembro de 2021, outros foram realizados em outubro para corrigir erros e adicionar novas funcionalidades no aplicativo.



Fig. 5: Último teste de campo

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

O teste final foi realizado num lago, conforme Figura 5, em que foi testado todo o conjunto *ciber* físico.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado do projeto obteve-se o protótipo, conforme Figura 6, da plataforma computacional multiparâmetros controlada remotamente para monitoramento da qualidade de águas superficiais.



Fig. 6: BALSANET

O protótipo está funcionando conforme o planejamento, sendo possível controlá-lo por meio de um aplicativo móvel desenvolvido na plataforma app inventor, a uma distância de 60 metros, valor menor do que consta nas especificações técnicas do módulo HM-10.

Na Figura 7 é apresentada o *layout* do aplicativo, que conta com duas interfaces que se sobrepõem, impedindo o acesso simultâneo a elas pelo usuário, uma medida de segurança adotada para impedir possíveis acidentes que poderiam ocorrer se o usuário movimentasse a embarcação com a haste abaixada. A primeira, da direita para esquerda, é a interface para controle da direção da embarcação. O botão com as setas para cima e para baixo fazem com que os motores girem no mesmo sentido impulsionando o barco para frente ou para trás, já as setas direita e esquerda fazem com que cada motor rotacione em sentidos opostos, girando a embarcação no seu próprio eixo dando assim controle na direção que se desejar. Além disso, nesta interface também é possível controlar a velocidade do protótipo que atinge até 0,38 m/s.



Fig. 7: Aplicativo BALSANET

Para habilitar a interface de sensores e amostrador, Figura 7, é preciso descer a haste, conforme Figura 8, clicando no botão descer. Como uma forma de proteção, o aplicativo desabilita o botão subir na interface de direção e desabilita o botão descer na interface de sensores e amostrador, impedindo que o usuário force a haste além de sua capacidade de movimento.

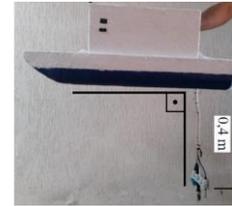


Figura 8: Sensores em operação

Uma vez posicionado os sensores num ângulo de 90° graus e a uma profundidade de 0,4 m em relação à superfície da água, é liberado o botão para acionar a leitura dos sensores, imprimindo-os na tela e salvando-os num banco de dados. Nesse modo também é liberado o botão “pegar amostra de água” que aciona a bomba d’água por 40 s para encher o frasco, que para testes, Figura 9, foi usado um de plástico de 900 ml, podendo ser substituído a depender do estudo, visto que o recipiente não é fixado na embarcação.

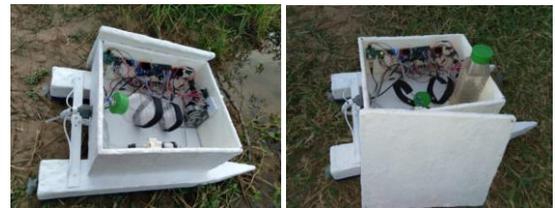


Fig. 9: Sistema de amostragem de água

Na *interface* de sensores e amostrador, o botão “exportar dados” faz a exportação e o salvamento de todas as leituras dos 3 sensores numa planilha, conforme Figura 10.

testecampo1lago.csv
Salvo no dispositivo

	A	B	C	D	E	F
1	Latitude	Longitude	Data/hora	Turbidez	pH	Temperatura
2	-22.9324	-46.81367	10/30/2021 3:03:54 PM	1997.56	5.48	22.94
3	-22.93242	-46.81361	10/30/2021 3:09:44 PM	1987.16	5.05	22.81
4	-22.93242	-46.81361	10/30/2021 3:10:08 PM	1945.02	3.72	22.31
5	-22.93242	-46.81361	10/30/2021 3:10:15 PM	1997.56	3.07	22.37
6	-22.93242	-46.81361	10/30/2021 3:10:17 PM	1997.56	3.58	22.37
7	-22.93242	-46.81361	10/30/2021 3:10:19 PM	1923.63	3.72	22.37
8	-22.93242	-46.81361	10/30/2021 3:10:21 PM	1997.56	3.09	22.37

Fig. 10: Dados exportados

Uma vez lidos os sensores, o aplicativo salva as informações no banco de dados com a localização do celular e a hora da leitura.

Para realizar um ciclo de monitoração, desde levar a embarcação até o ponto desejado e seu retorno à margem do lago, são necessários 440 segundos, sendo assim, a BALSANET terá autonomia para realizar com segurança 12 ciclos de monitoramento ou operar por 5280 segundos (1 h e 28 min), conforme listado na Tabela 3.

Tabela 3: CICLO DE MONITORAÇÃO

Passos	Tempo (s)	Consumo (A)			Descrição
		Sistema	Motores	Total	
Posicionar	120	0,23	1,18	1,41	Propulsão
Abaixar sensores	50	0,23	0,00	0,23	Motor passo
Realizar medições	10	0,23	0,00	0,23	Sensores
Coletar água	40	0,23	0,40	0,63	Mini-Bomba
Subir sensores	100	0,23	0,00	0,23	Motor de passo
Retornar	120	0,23	1,18	1,41	Propulsão
Total	440				

V. CONCLUSÃO

O projeto foi concluído conforme a proposta de ser uma plataforma computacional multiparâmetros para a medição da temperatura, numa faixa de -10 °C a 85 °C, medição do pH, numa faixa de 0 a 14 pH, e para a medição da turbidez da água de 0 a 3000 NTU, além disso, possui a funcionalidade de coletar e armazenar até 1 L de água e um sistema de propulsão para mover a embarcação até o local a ser monitorado. Seu controle é todo realizado remotamente, por meio de um aplicativo de telefonia móvel, por um usuário a até 60 metros da embarcação. Mesmo com algumas modificações e adaptações feitas durante o processo de desenvolvimento, principalmente para baratear o protótipo, o projeto atingiu os objetivos propostos. Porém, é fato que para se tornar um produto comercial alguns ajustes e verificações precisam ser feitas, como a precisão e exatidão dos sensores, algo não proposto para esse projeto.

O gasto para o desenvolvimento do protótipo foi de R\$ 1.144,01, passando 14,4% do orçamento de R\$ 1.000,00, porém ainda assim, se comparado a sondas multiparâmetros que realizam a mesmas medições, sem os sistemas de propulsão, coleta de água e controle remoto presentes no protótipo, ele ainda pode ser considerado de baixo custo e vantajoso para os profissionais da área.

A ideia do projeto sempre foi ser um protótipo adaptável, então alguns pontos de melhoria podem ser acrescentados em projetos futuros, como adição de sensores que medem outros parâmetros de qualidade da água, a exemplo do sensor de Oxigênio Dissolvido, implantação de

um sistema de GPS na embarcação para melhorar a precisão dos dados gerados ou mesmo para automatizar e um sistema de resfriamento para as amostras. Logo, com a base consolidada por esse projeto o protótipo permite diversas mudanças futuras para melhor atender aos estudos que serão realizados com ele.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FREITAS, Eduardo de. **Água potável**. Brasil Escola, disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/agua-potavel.htm>, acesso em 22/4/2021.
- [2] FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **OBSERVANDO OS RIOS: O Retrato da Qualidade da Água em rios da região Sul e Sudeste do Bioma Mata Atlântica**. São Paulo: SOS mata atlântica, 2014.
- [3] ANA; CETESB. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
- [4] ANA. **Rede nacional - Introdução. Portal da qualidade das águas**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/rede-nacional-introducao.aspx>. Acesso em: 29. abril. 2021.
- [5] ANA. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA). Portal da qualidade das águas**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#>. Acesso em: 29. abril. 2021
- [6] ANA. **O que é PNQA?**. Portal da qualidade das águas. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx>. Acesso em: 01. maio. 2021.
- [7] MIT **App Inventor**. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/about-us>. Acesso em: 10/6/2021.
- [8] UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas** de Fitzgerald e Kinsley. tradução: Anatólio Laschuk 7. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2014. p. 436.
- [9] CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Elementos de automação**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2014. p. 68-83 .
- [10] OLIVEIRA, André Schneider de; ANDRADE, Fernando Souza de. **Sistemas embarcados - Hardware e Firmware na prática**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2010. 320p
- [11] SILVA, Henrique José da; MARANGONI, Antônio Carlos; SANTOS, Alan Bueno. **Projeto e Construção de um barco movido à energia solar**. In: CONEM – Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 8, 2014, Uberlândia. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2014. p. 1216 - 1226.

[12] FERNANDES, Frederico Oliveira. **Projeto e Dimensionamento de um Catamarã em Materiais Compósitos**. 2016. 89p. Dissertação (Mestrado de Bolonha em Engenharia e Arquitectura Naval) - Técnico Lisboa, Lisboa. 2016.