

## ATUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS EM ENSAIOS COM EMBARCAÇÕES COM CASCOS DE PLANEIO UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR ESP32

PRADO, A. A.

*Fatec Jahu - Estaleiro Escola/Coordenadoria Construção Naval  
alex.prado3@fatec.sp.gov.br*

*Update of the Low-cost System for Data Acquisition in Tests with Planing Hulls Boats Using the ESP32  
Microcontroller*

Eixo Tecnológico: Produção Industrial.

### Resumo

O mercado de embarcações recreativas no Brasil vem se mostrando bem promissor apesar da crise gerada pela pandemia do novo corona vírus, sendo esperado um aumento considerável na produção, tendo as empresas nacionais que ainda investir bastante tanto no projeto quanto em técnicas modernas de produção para se adequarem ao nível tecnológico mundial, abandonando o método de tentativa e erro mormente utilizado, principalmente em se tratando de embarcações de pequeno e médio porte. Muitas lanchas novas são baseadas em modelos antigos de sucesso, com pequenas alterações somente na parte estética, sendo os cascos muito semelhantes aos produzidos na década de 1990 e 2000. Como operam em regime de planeio e em alta velocidade, apresentam alterações em suas características dinâmicas, como variação no trim, e ensaios em tanque de provas tornam-se inviáveis devido ao tempo e custo demandados, assim uma embarcação em escala real tipo laboratório, instrumentada para ensaios, pode ser uma solução de baixo custo, mesmo que somente para provas de conceito. Esse projeto visa a atualização da ferramenta de baixo custo para se caracterizar o comportamento dinâmico dessas embarcações desenvolvida pelo autor no ano de 2021 com otimização das placas eletrônicas e atualização dos microcontroladores Arduino por microcontroladores ESP32 que, além de possuírem mais quantidade de memória interna, oferecem maior poder computacional e comunicação sem fio por padrão de fábrica. Com base nos resultados anteriores utilizados para validação do sistema serão analisadas também possíveis melhorias na qualidade dos dados com atualização dos sensores, em especial os de fluxo de combustível e de rotação do motor. Serão realizados novos testes para se aferir a qualidade conseguida com tais melhorias e se espera aumentar quantidade de ensaios que se pode realizar utilizando tal ferramenta para aulas práticas, projetos de pesquisa e prestação de serviços para empresas.

**Palavras-chave:** *Comportamento dinâmico de embarcações, Cascos de planeio, Ensaios com embarcações.*

### Abstract

The market for recreational boats in Brazil has been proving to be very promising despite the crisis generated by the new corona virus pandemic, a considerable increase in production is expected, with national companies still having to invest a lot both in the project and in modern production techniques to become adapt to the world technological level, abandoning the trial and error method mainly used, mainly in the case of small and medium-sized boats. Many new speedboats are based on old successful models, with minor changes only in the aesthetic part, the hulls being very similar to those produced in the 1990s and 2000s. As they operate in planing mode and at high speed, they present changes in their dynamic characteristics, such as trim variation, and tests in test tanks become unfeasible due to the time and cost required, so a full-scale laboratory-type vessel, instrumented for tests, can be a low-cost solution, even if only for tests of concept. This project aims to update the low-cost tool to characterize the dynamic behavior of these vessels developed by the author in 2021 with optimization of electronic boards and replacement of Arduino microcontrollers by ESP32 microcontrollers which, in addition to having more internal memory, offer greater computational power and wireless communication by factory default. Based on previous results used for system validation, possible improvements in data quality will also be analyzed by updating the sensors, in particular those of fuel flow and engine speed. New tests will be carried out to assess the quality achieved with such improvements and it is expected to increase the number of tests that can be carried out using this tool for practical classes, research projects and provision of services to companies.

**Keywords:** *Dynamic behavior of boats, Planing hulls, Tests with full-scale boats.*

## 1. Introdução

O mercado atual de embarcações recreativas no Brasil vem se mostrando bem promissor apesar da crise gerada pela pandemia do novo corona vírus. De acordo com Bombarco [1], os resultados da 1º feira virtual de barcos do Brasil, realizada em julho de 2020, geraram cerca de 49 milhões em negócios concretizados, com expectativa de se passar dos 69 milhões com negócios iniciados na feira. Dessa forma podemos afirmar que teremos um aumento considerável na produção de embarcações desse tipo no País e para as empresas nacionais se enquadrarem no nível tecnológico do mercado mundial será necessário ainda muito investimento tanto nos projetos quanto em técnicas mais modernas de produção.

No Brasil muitos projetos de novas embarcações de pequeno e médio porte para uso recreativo, em especial as lanchas, são feitos com base em cascos antigos de sucesso no meio náutico, com pequenas alterações muitas vezes inspiradas em comentários de usuários experientes. As mudanças percebidas são em alguns casos ainda somente na parte estética, mormente em áreas que não tem contato direto com água, como no arranjo de convés e linhas das obras mortas, sendo que os cascos utilizados ainda são muito semelhantes aos produzidos na década de 1990 e 2000.

Apesar da enorme estrutura computacional disponível atualmente, em se tratando da hidrodinâmica para desenvolvimento de novos cascos de embarcações, o uso de ensaios com modelos reduzidos ou protótipos (escala real) ainda são as maneiras com resultados mais precisos. Doustadar e Kazemi [2] afirmam que em se tratando de pequenas embarcações com cascos de planeio, a inviabilidade para realização de ensaios em tanques de provas se dá pelo alto custo e tempo demandado nos testes, podendo ser afirmado então que somente metodologias de baixo custo são opções viáveis para desenvolvimento de novos cascos para essas embarcações de maneira científica, deixando de lado o uso de tentativa e erro.

Podemos justificar assim o uso de uma embarcação em escala real para ensaios, desde que um sistema de aquisição de dados confiável e de baixo custo seja utilizado. Cascos mais antigos de embarcações de grande aceitação no mercado podem ser utilizados por exemplo como base para criação de novos modelos. Uma ferramenta que permita a realização de ensaios de baixo custo com qualidade pode ser também uma excelente opção para empresas tipo startup ou similares na realização de provas de conceito (POC – Proof of Concept) com materiais inovadores. Cabe aqui citar como exemplos o uso da biomimética para o desenvolvimento de novas superfícies de baixo atrito, como no caso das roupas de natação baseadas em escamas de tubarões e as tinturas hidrofóbicas inspiradas na flor de lótus [3].

A FATEC JAHU dispõe de duas embarcações prontas para navegar sendo um bote de 6,0 metros de comprimento com motor de popa de 25 hp, a FATEC JAHU I, e uma lancha de 18,5 pés de comprimento e motor de popa de 115 hp, a FATEC JAHU II, que foi preparada para navegação pelo autor com a ajuda de cerca de 10 alunos dos cursos da área naval da FATEC JAHU, por meio de estágios voluntários, nos anos de 2019 e 2020. Em 2021 foi desenvolvido pelo autor um sistema de aquisição e armazenamento de dados de baixo custo baseado no microcontrolador Arduino, permitindo que as embarcações disponíveis no estaleiro escola da FATEC JAHU possam ser utilizadas como embarcações laboratório.

O sistema foi testado e apesar do funcionamento adequado, percebeu-se a possibilidade de se otimizar o equipamento para uso em ensaios mais complexos, como testes em embarcações tipo motos aquáticas e ensaios com várias embarcações ao mesmo tempo, utilizando protocolos de comunicação sem fio para acesso à um servidor web.

### *Anais da VII Mostra de Docentes em RJI*

A finalidade principal desse projeto de pesquisa aplicada é a atualização do sistema de aquisição e registro desenvolvido anteriormente pelo autor, basicamente com a substituição do microcontrolador Arduino por outro de maior poder computacional e a implementação da comunicação sem fio entre o sistema de medição e a estação de monitoramento, permitindo além da redução das dimensões das partes do equipamento a possibilidade de realização de um maior número de tarefas simultâneas. Cabe aqui ressaltar que se pretende utilizar a comunicação por rádio frequência (wireless) para se transmitir os dados dos ensaios para um servidor de dados web com o uso de um roteador conectado à internet, para monitoramento à distância em tempo real dos ensaios, bem como para registro dos dados com maior segurança.

## **2. Materiais e métodos**

### 2.1. Materiais

Para o desenvolvimento do projeto de pesquisa foram utilizadas as instalações do estaleiro escola da FATEC JAHU, dois roteadores residenciais da marca TP-LINK, sendo os modelos TL-WR941ND e TL-WR941HP e as embarcações FATEC JAHU I e II para testes de validação da versão otimizada do sistema de aquisição e registro de dados para ensaios com cascos de planeio. Módulos com microcontroladores ESP32 – WROM foram utilizados nos testes, tendo como periféricos de baixo custo para os sensores módulos de sistema de posicionamento global (GPS), unidades de medições inerciais (IMU) com acelerômetros e giroscópios e o circuito eletrônico desenvolvido com base no circuito integrado NE555N para medição da rotação dos motores (RPM). Para os testes de comunicação wifi foram utilizados.

### 2.2. Metodologia

Inicialmente foram realizadas pesquisas quanto aos modelos de microcontroladores de baixo custo e com desempenho superior ao Arduino disponíveis no mercado, que pudessem ser utilizados no sistema de medição, bem como dos protocolos de comunicação sem fio existentes que da mesma forma pudessem ser utilizados em conjunto com o microcontrolador nos ensaios.

Na sequência foram feitos ensaios no tanque de provas para se verificar o alcance e a consistência da comunicação sem fio por rádio frequência escolhida em ambiente controlado, simulando uma navegação em rio, sendo posteriormente realizados testes no rio Tietê para corroborar os resultados obtidos. Foi desenvolvida também a rotina computacional para ser utilizada no microcontrolador para realizar a comunicação sem fio com um servidor web para envio dos dados dos ensaios, bem como a página web para visualização e manipulação desses e o gerenciamento de conexão com o microcontrolador.

Por fim foi desenvolvida a atualização do sistema de medição de rotação dos motores de propulsão, com o intuito de não mais se necessitar da conexão física entre a parte elétrica do motor da embarcação e o sistema de medição, bastando aproximar a antena do sensor de RPM de um dos cabos de vela do sistema de ignição do motor.

## **3. Resultados e Discussão**

Inicialmente podemos colocar que a partir das pesquisas realizadas sobre os microcontroladores de baixo custo disponíveis no mercado, concluiu-se que o equipamento que mais se adequou à nova versão do sistema de medição foi o ESP32, que além das maiores

#### *Anais da VII Mostra de Docentes em RJI*

velocidade de processamento e memória, ainda possui nos módulos WROOM comunicação sem fio Wi-Fi (Wireless Fidelity) integrada, permitindo acesso ao servidor web sem a utilização de módulos externos. Outra questão que corroborou a escolha do ESP32 foi a questão do processador com 2 núcleos (dual core) que permite realizar processamento multitarefa (multitasking), reduzindo assim o número de microcontroladores do sistema.

Quanto a escolha do sistema de comunicação sem fio, podemos colocar que por hora optou-se por adotar o padrão IEEE 802.11 (Institute of Electrical and Eletronics Engineers) para redes sem fio locais, comumente conhecidas como WLAN (Wireless Local Area Network), primeiramente pelo fato dos módulos ESP32 - WROOM já possuírem por padrão de fábrica o hardware que utiliza essa tecnologia, facilitando a programação e diminuindo a quantidade de conexões externas, bem como reduzindo o custo de aquisição de módulos separados. Podemos colocar ainda que por ser uma tecnologia muito difundida para comunicação de tablets, celulares e computadores com a internet, temos grande facilidade de configuração e operação dos equipamentos utilizados nessas redes, como roteadores e afins.

Outra questão a ser considerada é a existência de uma enorme quantidade de equipamentos que utilizam tal tecnologia nos mais variados ambientes com atividades náuticas, como marinas, garagens de embarcações e até mesmo em quiosques de praias de água doce estado de São Paulo, para proporcionar aos frequentadores e proprietários de embarcações acesso à internet. Dessa forma, podemos nos utilizar dessa infraestrutura já existente para iniciar praticamente de forma imediata o uso da ferramenta desenvolvida, mesmo que com alcance restrito às áreas com cobertura de Wi-Fi.

Foram realizados testes com roteadores residências comuns com frequência de 2.4 GHz, simplesmente alterando a configuração que deixa como fixo o canal 1 de comunicação, tendo como frequência central 2412 MHz e largura de banda de 20 kHz. Esses testes tiveram o objetivo principal de complementar a literatura que trata do alcance desses equipamentos em local aberto, porém, considerando as possíveis interferências causadas pela água do ambiente fluvial, onde as embarcações deverão estar na maior parte do tempo, sendo inicialmente realizados testes em ambiente controlado no tanque de provas da FATEC JAHU e na sequência no rio Tietê.

Cabe aqui ressaltar que apesar de se esperar uma utilização em testes com as embarcações navegando, temos uma grande demanda para utilização dessa ferramenta para acompanhamento à distância do andamento de rotinas de manutenção com a embarcação fora da água.

Os testes realizados no rio Tietê se deram nas proximidades da ponte da rodovia SP 225 que liga as cidades de Bauru e Jaú, como vemos na figura 1, sendo o roteador posicionado na extremidade do píer municipal do município de Pederneiras.

Um poita com boia de arinque foi liberada a aproximadamente 160 metros de distância do roteador e um cabo com marcas flutuantes presas a cada 10 metros foi utilizado para ligar a boia à estrutura do píer. Com o uso de uma embarcação foram registrados os valores do indicador da intensidade do sinal recebido ou RSSI (Received Signal Strength Indication) aferido pelo módulo com o ESP32 em cada marcação do cabo.

Os resultados dos testes mostraram que o alcance do sinal de rádio ainda com qualidade para a embarcação na água é similar ao em solo, passando dos 150 metros de distância com RSSI de cerca -70 dbmW, como podemos ver na figura 2 a seguir, corroborando que a tecnologia de comunicação sem fio utilizada é suficiente para entregar os dados aferidos pelo sistema de medição ao servidor WEB de maneira adequada.

A página desenvolvida para acesso aos dados dos ensaios em tempo real, controle das conexões com os módulos ESP 32 e manipulação dos dados no servidor web foi concebida

*Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

utilizando HTML, PHP, JavaScript e CSS, o banco de dados desenvolvido em MySQL, sendo que todos os teste foram realizados de forma simulada, utilizando um servidor local sem acesso à internet com o XAMPP.

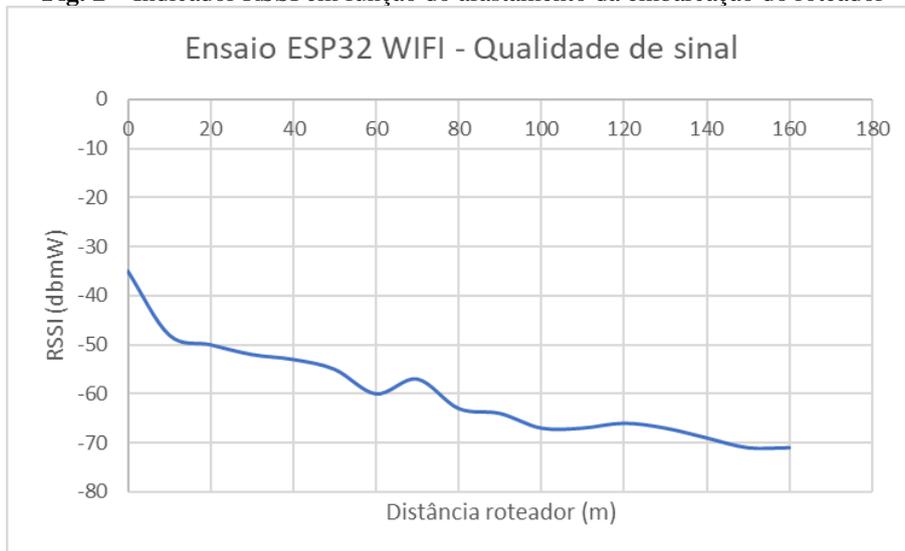
**Fig. 1** – Local de realização dos testes de alcance do sinal Wi-Fi no rio Tietê



Fonte: Google Earth adaptado pelo Autor.

Apesar do sistema já ter sido validado em sua versão anterior em testes em embarcações navegando, devido à introdução da comunicação sem fio por rádio frequência, optou-se pela realização de novos testes, inicialmente em ambiente controlado e com movimentos predeterminados, para se verificar o comportamento do sistema de medição quando na visualização dos dados na página web, bem como no registro dos dados no servidor.

**Fig. 2** – Indicador RSSI em função do afastamento da embarcação do roteador



Fonte: O Autor.

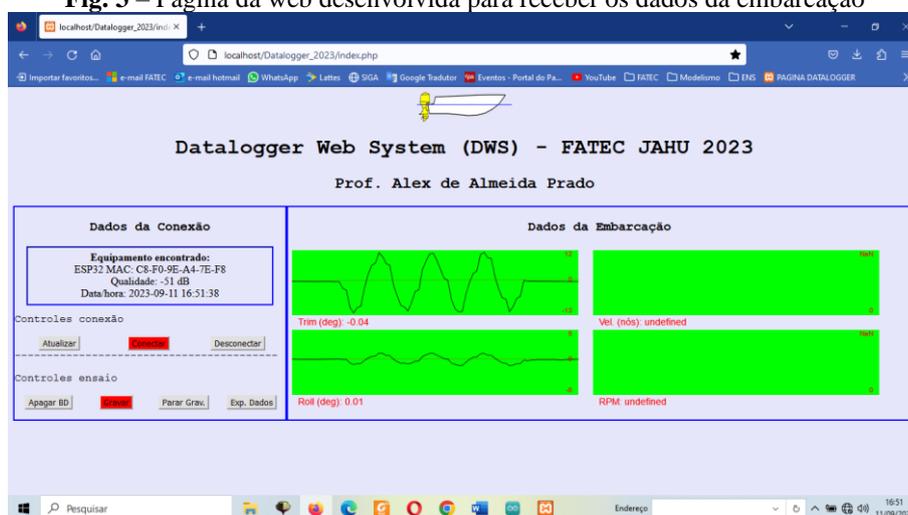
Foi desenvolvida então para essa fase de ensaios uma plataforma de simulação de movimentos de trim da embarcação que utiliza um servo motor controlado por um microcontrolador Arduino Uno para impor movimentos predefinidos de inclinações longitudinais (trim) em uma modelo reduzido de embarcação, como embarcação em águas

*Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ*

paralelas, trim positivo de 15 graus (embarcação derrabada) e trim negativo de 15 graus (embarcação abicada), com base nos botões acionados. Esses movimentos foram planejados para serem utilizados nos testes de verificação do funcionamento da integração entre o sensor de inclinação conectado ao microcontrolador e a página web em condições variadas de navegação.

É interessante comentar aqui que um dos botões foi programado para produzir movimentos cíclicos a partir de funções matemáticas, simulando por exemplo a embarcação navegando em um ambiente com ondas ou em condição de instabilidade longitudinal (porpoising), sendo mostrados na figura 3 a seguir a página web apresentando os movimentos percebidos pelo sistema medição a partir de uma função senoidal com amplitudes de trim de cerca de 15 graus.

**Fig. 3** – Página da web desenvolvida para receber os dados da embarcação



Fonte: O Autor.

Como o protocolo de comunicação web utilizado nessa fase foi o HTTP (Hypertext Transfer Protocol), a maior taxa de atualização da página que podemos utilizar com qualidade é de cerca de 1 Hz, porém, como o sistema de medição calcula os ângulos de inclinação utilizando, dentre outras informações, a integral das velocidades angulares fornecidas pelos giroscópios pelo intervalo de tempo entre cada medição, a taxa de leitura da IMU precisa ser de no mínimo 20 Hz para termos dados com qualidade aceitável.

Dessa forma a rotina computacional precisou ser atualizada para compatibilizar a taxa de atualização da página com a taxa de aquisição do sistema de medição, buscando além da geração de gráficos com qualidade suficiente para demonstrar com clareza os movimentos da embarcação, um banco de dados com valores precisos para futuras análises do comportamento dinâmico das embarcações. Assim foi definido a partir da dinâmica das embarcações que se pretende ensaiar que ao menos quatro das medições por segundo precisariam ser enviados para a página web exibir os gráficos em tempo real, bem para alimentação do banco de dados no servidor.

Foi utilizada então a técnica de bufferização dos dados, onde o microcontrolador realiza aquisições da IMU a 20 Hz e armazena uma medição a cada cinco, gravando em sua memória dados com taxa de aquisição equivalente a 4 Hz. Quando se realiza a conexão de atualização da página web uma vez por segundo (1 Hz), são enviados os dados das últimas quatro séries de medidas para que sejam confeccionados os gráficos com os movimentos da embarcação, bem como a alimentação do banco de dados com precisão adequada.

#### *Anais da VII Mostra de Docentes em RJI*

Quanto à atualização do sistema de medição de rotação dos motores, uma nova tecnologia foi utilizada para se conseguir aferir esses dados sem a necessidade de conexão física entre o equipamento de medição e as partes elétricas dos motores. Tal ação se deve ao fato de que foi percebida uma grande resistência nos proprietários de embarcações quanto à necessidade da conexão elétrica da primeira versão do sistema desenvolvido com a parte elétrica de seus motores, acreditando que isso de certa forma poderia oferecer algum tipo de risco ao equipamento de custo elevado. Foi desenvolvido pelo autor uma adaptação do circuito proposto por [4], de modo que as rotações do motor possam ser aferidas simplesmente por meio da aproximação de uma sonda capacitiva a um dos cabos de vela do motor.

O microcontrolador identifica através da sonda a quantidade de vezes em que, num período predeterminado, existe a passagem da corrente elétrica em alta tensão do secundário da bobina para uma determinada vela de ignição, e calcula assim as rotações por minuto (RPM) do motor.

Para facilitar o processo de configuração inicial do tacômetro, foi desenvolvido também um simulador do sistema de ignição, de modo que se pudesse identificar em ambiente controlado e sem a influência de ruídos oriundos do próprio motor e de outros equipamentos de bordo a consistência dos dados de RPM produzidos. Dessa forma a realização das atividades necessárias para ajuste de sensibilidade e de precisão do equipamento puderam ser feitas no laboratório e sem a necessidade da colocação da embarcação na água para acionamento do motor ou da utilização do sistema de arrefecimento auxiliar para acionamento do motor com a embarcação fora d'água, o que facilitou bastante a realização dessas atividades.

#### **4. Considerações finais**

Com os resultados obtidos até o momento podemos afirmar que a atualização do sistema de aquisição e armazenamento de dados utilizando o microcontrolador ESP32 é funcional, sendo assim, se espera que ao final do projeto de pesquisa se tenha um equipamento inédito, de baixo custo e desenvolvido na FATEC JAHU para ensaios com pequenas embarcações com cascos de planeio, que permite o monitoramento à distância dos testes pela internet.

O desenvolvimento do sistema para aferição da rotação dos motores sem a necessidade de conexão elétrica entre o sistema de medição e a eletrônica dos motores foi uma das maiores dificuldades encontradas, pois, envolveu muita pesquisa na área da eletrônica. Apesar do trabalho demandado, acredita-se que tal equipamento seja muito bem aceito por parte dos proprietários, devido ao receio percebido anteriormente nos mesmos quanto à possibilidade de se gerar danos nos motores, seja na desmontagem de algum tipo de dispositivo estanque para a realização da conexão elétrica ou por curto-circuito.

Devido à versatilidade percebida no equipamento durante os testes, fica clara a possibilidade de uso do mesmo tanto em ensaios com embarcações planadoras de pequeno porte, como motos aquáticas e afins, onde as dimensões do hardware da versão anterior do sistema seria uma grande barreira para tanto para a colocação do dispositivo no interior do compartimento estanque dos cascos, quanto para testes com várias embarcações simultâneas, onde seria necessário baixar os dados do cartão de memória de cada embarcação, processar os dados para somente então verificar se os resultados foram suficientes ou se será necessário repetir algum ensaio.

A validação preliminar do funcionamento integrado dos subsistemas de comunicação Wi-Fi, visualização em tempo real dos resultados e geração do banco de dados web nos possibilitou afirmar que com a versão atualizada do sistema desenvolvido é possível verificar quase que

### *Anais da VII Mostra de Docentes em RJI*

instantaneamente o comportamento dinâmico das embarcações ensaiadas e ainda compartilhar via internet o andamento dos testes com outros pesquisadores distantes do local dos ensaios.

Apesar de raio de alcance se mostrar suficiente para os tipos de ensaios que se espera realizar, seria interessante a realização de novos testes utilizando roteadores mais potentes, mormente utilizados em redes desenvolvidas para ambientes externos, para e verificar se o raio de alcance aumentaria de forma considerável. Outra opção seria se pensar na utilização de sistemas de rádios mais potentes, como o LORA ou o XBEE.

O website desenvolvido proporciona facilidade de operação do sistema de medição, porém, poderia ser remodelado em conjunto com algum profissional com especialidade em webdesign, para uma apresentação mais elegante. A realização de análises das rotinas desenvolvidas para alimentação do banco de dados e renderização da página web por profissionais da área de informática poderiam trazer reduções significativas no tempo de processamento, melhorando ainda mais a eficiência de funcionamento do sistema.

A realização de testes comparativos utilizando outros protocolos de comunicação de dados como o MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), poderiam ser interessante para se verificar possíveis opções para melhoramento dos itens velocidade transmissão, segurança e estabilidade da conexão, possibilitando por exemplo a aferição de um número maior de dados das embarcações ou ensaios envolvendo segredos industriais com mais cautela.

Cabe aqui comentar que apesar do sistema ter sido pensado primeiramente para ser utilizado em ensaios com as embarcações navegando em altas velocidades, se percebeu um enorme interesse por parte dos funcionários de marinas e proprietários de embarcações na possibilidade do monitoramento dos sistemas das embarcações via internet. Tal interesse se deu mormente quanto ao uso do equipamento para acompanhar de forma remota as atividades de manutenção das embarcações, como trocas de óleo, rotinas de adoçamento do sistema de arrefecimento e testes após a realização de regulagens nos motores.

Outra utilização interessante foi percebida quanto ao uso do sistema para monitoração das embarcações de maneira integrada aos softwares de gerenciamento de marinas, em especial nos momentos de movimentação para colocação e retirada das embarcações na água, de modo a se proporcionar aos proprietários informações em tempo real da localização de seu veículo, bem como dos momentos de acionamento dos motores e regimes de funcionamento utilizados.

## Referências

[1] BOMBARCO. **Resultados da primeira feira virtual de barcos do Brasil**. Disponível em: <[https://www.bombarco.com.br/comunidade/noticias/resultados-da-primeira-feira-virtual-de-barcos--bombarco-show?utm\\_campaign=emkt\\_geral\\_-](https://www.bombarco.com.br/comunidade/noticias/resultados-da-primeira-feira-virtual-de-barcos--bombarco-show?utm_campaign=emkt_geral_-)>. Acesso em: 05/09/2023.

[2] DOUSTDAR, M.; KAZEMI, H. Effects of fixed and dynamic mesh methods on simulation of stepped planning craft. **Ocean Engineering and Science**. Vol 4, pp 33-48, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468013318301700>>. Acesso em: 05/09/2023.

[3] ARRUDA, A.; FREITAS, T. L. Novas Estratégias da Biomimética: As Analogias no Biodesign e na Bioarquitetura. **Mix Sustentável**, Vol. 4, N°1, pp73-82, 2018. Disponível em: <<http://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/2526>>. Acesso em: 05/09/2023.

[4] NARDI, M. Medidor RPM tacômetro sem fio com Arduino. **Professor Marlon Nardi**, 2020. Disponível em: <<https://marlonnardi.com/2022/05/10/medidor-rpm-tacometro-sem-fio-com-arduino/>>. Acesso em: 05/09/2023.

[5] SAVITSKY, D. Hydrodynamic Design of Planing Hulls. **Marine Technology**, Vol. 1, No 1. New Jersey, 1964.