



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIAS DE PINHEIRO

CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA

JUAN CASTRO RIBEIRO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA IOT DE BAIXO CUSTO PARA
MONITORAMENTO DO NÍVEL DA ÁGUA UTILIZANDO SENSOR ÓPTICO A
LASER**

Pinheiro - MA

2026

Centro de Ciências de Pinheiro – CCPi

Rua Nelma Mitoso, KM 10, Bairro Enseada - Pinheiro - MA - CEP: 65200-000

Fones: (98) 3272-9743

E-mail: eng.pesca@ufma.br

JUAN CASTRO RIBEIRO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA IOT DE BAIXO CUSTO PARA
MONITORAMENTO DO NÍVEL DA ÁGUA UTILIZANDO SENSOR ÓPTICO A
LASER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Pesca do Centro de
Ciências Humanas, Naturais, Saúde e
Tecnologia da Universidade Federal do
Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Diego de Arruda Xavier
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Sávio Teixeira
de Moura Diogenes

Pinheiro - MA

2026

JUAN CASTRO RIBEIRO

**AQUISIÇÃO DE DADOS DE ALTURA DE MARÉ COM EQUIPAMENTO DE
BAIXO CUSTO - MARÉGRAFO TECH.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Pesca do Centro de
Ciências Humanas, Naturais, Saúde e
Tecnologia da Universidade Federal do
Maranhão para a obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia de Pesca.

Aprovado em / /

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Diego de Arruda Xavier (Orientador)
Doutor em Oceanografia
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Me. André Augusto Guimarães da Silva
Mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Adilson Mateus Borges Machado
Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente
Universidade Federal do Maranhão

A Deus, pela inspiração.

A minha família, pela sustentação.

E a todos que me inspiraram e acompanharam
nessa jornada.

"O bit é a unidade fundamental do nosso tempo."
(Claude Shannon, 1948).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de inspiração, força e perseverança, que me sustentou ao longo de todo este processo acadêmico.

Ao Dr. Diego, orientador deste trabalho, expresso minha sincera gratidão pela dedicação, paciência técnica, rigor científico e pela confiança depositada desde a fase de idealização do projeto até sua conclusão.

Ao Dr. Rodrigo, coorientador, agradeço pelas contribuições fundamentais ao desenvolvimento do trabalho, especialmente no que se refere às possibilidades de integração de múltiplas ferramentas tecnológicas e suas aplicabilidades, fruto do convívio acadêmico e das discussões realizadas no Laboratório TECAAP (Laboratório de Tecnologia aplicada à Aquicultura e Pesca), juntamente com os demais integrantes.

Ao Laboratório Impactam (Impactos Naturais e Antropogênicos da Zona Costeira Amazônica), agradeço pelo suporte técnico e científico oferecido durante a concepção do projeto, com especial reconhecimento a Mateus Gama, pela disponibilidade e apoio constante em todas as etapas do desenvolvimento do protótipo.

Aos colegas de sala, agradeço pelo convívio acadêmico que tornou esta jornada mais leve e memorável, em especial a Denis (*in memoriam*) e Will, companheiros de bancada e grandes amigos construídos ao longo da graduação, pelo apoio, companheirismo e incentivo durante toda a trajetória acadêmica.

À minha família, expresso minha profunda gratidão pelo amor incondicional, apoio contínuo e por serem o alicerce que sustenta todos os meus sonhos.

Por fim, agradeço aos professores e técnicos e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram tanto para a minha formação acadêmica quanto para a concepção e desenvolvimento do presente trabalho.

RESUMO

O planejamento costeiro requer a coleta contínua de dados oceanográficos, destacando-se o monitoramento do nível do mar, por meio das alturas de marés, um elemento fundamental para pesquisas ambientais, mitigação de riscos naturais, suporte à pesca e segurança da navegação. As marés, resultantes principalmente das forças gravitacionais exercidas pela Lua e Sol, constituem um dos principais parâmetros para análise das variações litorâneas no Brasil. Contudo, os equipamentos maregráficos convencionais apresentam valores elevados, em torno de R\$50.000,00 por unidade, tornando inviável a cobertura completa dos mais de 8.000 km de zona costeira brasileira. Embora os sistemas maregráficos comerciais alcancem precisão milimétrica (± 1 mm), pesquisas recentes têm demonstrado a viabilidade de soluções baseadas em plataformas com microcontroladores, como Arduino e ESP32, capazes de reduzir os custos de aquisição ($< R\$ 1.000,00$), sem comprometer significativamente as acurácias das medições. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo o desenvolvimento e a avaliação conceitual de um protótipo de marégrafo de baixo custo, destinado a aquisição automática de dados de altura de maré, armazenamento autônomo e consulta remota. O sistema proposto, baseado em microcontrolador ESP32 e sensor óptico a laser do tipo *Time of Flight* (ToF) modelo TW10S, demonstrou viabilidade técnica e coerência operacional, apresentando maior estabilidade em condições adversas, como alta umidade, turbulência do ar e movimentos de ondas, típicos do litoral amazônico, em comparação aos sensores ultrassônicos. O protótipo desenvolvido emprega uma estrutura em tubo de PVC atuando como poço tranquilizador, integrando armazenamento digital em formato CSV, sincronização temporal precisa via módulo RTC e conectividade avançada, oferecendo uma alternativa acessível e eficiente para o monitoramento de variações maregráficas em regiões costeiras do Brasil.

Palavras-chave: Monitoramento costeiro, Marégrafo de baixo custo, Microcontrolador ESP32, Sensor laser ToF, Aquisição de dados oceanográficos, Monitoramento em tempo real.

ABSTRACT

Coastal planning requires the continuous collection of oceanographic data, with sea level monitoring through tide height measurements representing a fundamental element for environmental research, natural hazard mitigation, fisheries management, and navigation safety. Tides, primarily driven by the gravitational forces exerted by the Moon and the Sun, constitute one of the main parameters for analyzing coastal variations along the Brazilian shoreline. However, conventional tide-gauging instruments are high-cost devices, typically priced around R\$ 50,000 per unit, which makes comprehensive coverage of Brazil's 8,000 km coastal zone economically unfeasible. Although commercial tide gauges achieve millimetric precision (± 1 mm), recent studies have demonstrated the feasibility of low-cost solutions based on microcontroller platforms, such as Arduino and ESP32, capable of reducing acquisition costs (to below R\$ 1,000) without significantly compromising measurement accuracy. In this context, the present study aimed to develop and conceptually assess a low-cost tide gauge prototype designed for automatic acquisition of tide height data, autonomous storage, and remote data access. The proposed system, based on an ESP32 microcontroller and a *Time of Flight* (ToF) optical laser sensor, model TW10S, demonstrated technical feasibility and operational consistency, showing greater stability under adverse environmental conditions—such as high humidity, air turbulence, and wave motion—typical of the Amazon coast, when compared to ultrasonic sensors. The developed prototype employs a PVC tube structure functioning as a stilling well, integrating digital data storage in CSV format, precise temporal synchronization via an RTC module, and advanced connectivity features, providing an accessible and efficient alternative for monitoring tidal variations in Brazil's coastal regions.

Keywords: Coastal monitoring, Low-cost instrumentation, ESP32 microcontroller, Time-of-Flight (ToF) laser sensor, Oceanographic data acquisition, Real-time monitoring.