

VIII SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVI Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 09 de dezembro de 2023

Tema: "INTERIORIZAÇÃO DA CIÊNCIA E REDUÇÃO DE ASSIMETRIAS: O PAPEL DOS PIBIC'S COMO EXPERIÊNCIA DE ARTICULAÇÃO DA PESQUISA NA GRADUAÇÃO E NA PÓS GRADUAÇÃO"



DESENVOLVIMENTO DE PHMETRO DE BAIXO CUSTO COM PLATAFORMA ESP32 PARA A LIMNOLOGIA E A AQUICULTURA

João Vítor Facundo Xenofonte¹, Hênio do Nascimento Melo Júnior²

Resumo: O pH é importante para a Limnologia e para a Aquicultura devido o metabolismo, a biota e o equilíbrio do ecossistema. O elevado custo do phmetro inviabiliza o monitoramento por pequenos aquicultores. Este estudo visa produzir um phmetro de baixo custo, robusto e preciso e exato. Foi programado um código em C++ para a placa ESP32 e sensor pH4502C para fazer a curva de calibração a partir de soluções padrão de pH 4,00, 7,00 e 10,00. Foram realizados 6 testes, em triplicata, com o equipamento desenvolvido e três phmetros, o BEL W3B, Thermo Orion 4 START e HANNA HI 8424. Os resultados foram submetidos a testes similaridade e teste ANOVA. Dos testes, obtiveram-se a curva média de calibração com $r^2=0,9975$. A similaridade entre todos os phmetros teve distância de 0,5 e a análise de variância mostrou $p<0,01$, no teste com duas casas decimais e $p>0,05$, no teste com uma casa decimal. O phmetro testado está adequado para uso pretendido e as curvas de calibração e a similaridade dos equipamentos testados corroboram a utilização do equipamento. A diferença verificada no testes ANOVA não representam possibilidades de desequilíbrio do ambiente ou influenciar no metabolismos da biota.

Palavras-chave: Potencial de hidrogênio. ESP32. Piscicultura. Aquaponia.

1. Introdução

O pH tem importante papel na determinação da qualidade ecológica da água de um ecossistema e a sua variação ocorre por diversos fatores, como o metabolismo do ecossistema, através dos mecanismos fotossíntese, respiração e decomposição, que possuem a capacidade de promover alterações do pH (Esteves, *et al.* 2011).

A importância do pH para a aquicultura pode ser verificada através da Resolução nº413/2009 – CONAMA, sobre o licenciamento ambiental da aquicultura. O anexo VI determina os parâmetros para monitoramento e cita , dentre outros o pH. Também a resolução nº 357/2005/CONAMA, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, na Seção II, Art. 14, que define a água para abastecimento humano, aquicultura, piscicultura, pesca, atividades de contato primário e entretenimento.

¹ Universidade Regional do Cariri, e-mail: joao.facundo@urca.br. Estagiário do laboratório de Limnologia e Aquicultura-URCA.

² Universidade Regional do Cariri, e-mail: henio.melo@urca.br. Orientador e coordenador do laboratório de Limnologia e Aquicultura-URCA.

VIII SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVI Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 09 de dezembro de 2023

Tema: "INTERIORIZAÇÃO DA CIÊNCIA E REDUÇÃO DE ASSIMETRIAS: O PAPEL DOS PIBIC'S COMO EXPERIÊNCIA DE ARTICULAÇÃO DA PESQUISA NA GRADUAÇÃO E NA PÓS GRADUAÇÃO"



O constante monitoramento do pH é importante devido às suas variações diárias, que também atuam em sinergia com a variação de amônia. Existe uma proporcionalidade entre amônia e pH, sendo que em níveis mais baixo de pH a amônia também está baixa e em níveis mais altos de pH a amônia tem maior concentração (Wurts, 2003 e Wambua et al. 2020).

À medida que mais amônia é produzida, mais íons hidrogênio (H^+) são absorvidos, deixando o radical hidroxila (OH^-) dominar e, portanto, proporcionando um aumento no pH (Wambua et al. 2020).

Uma concentração de amônia $>0,1$ mg/L, danifica as brânquias dos peixes e membranas produtoras de muco, além de reduzir a conversão alimentar, o crescimento e a resistência imonológica (Tumwesigye et al. 2022).

Devido essa importância do pH, bem como, aos altos custos de pHmetros de qualidade, nos últimos anos a tecnologia ARDUINO tem sido uma das mais usadas como alternativa para monitorar esse parâmetro.

Assim, o ESP32 é uma placa microcontroladora de baixo custo e de alta robustez, que pode ser programada em C++ e que possui 2 núcleos de processamento, 36 pinos de entrada/saída, 4 MB de memória flash (não volátil), 520 KB de memória SRAM (volátil), módulos de bluetooth e wifi embutidos e pode chegar a um clock (velocidade de processamento) de 240 MHz, sendo desenvolvida pela empresa Espressif Systems (BABIUCH, 2019). Além disso, o ESP32 pode ser implementado com diversos sensores a partir de suas portas de entrada/saída, por exemplo, com um sensor pH BNC PH4502C, capaz de medir o potencial hidrogeniônico de uma solução a partir de um eletrodo que contém outros dois eletrodos internos, sendo um de referência e outro sensível ao pH da solução (MACHADO, 2020).

2. Objetivo

Este estudo tem objetivo de produzir e testar um phmetro de baixo custo de produção para que seja uma alternativa tecnológica barata para uso em Limnologia, Piscicultura e Aquaponia.

3. Metodologia

Inicialmente, foram feitas as ligações entre a placa ESP32 e o sensor BNC PH4502C baseando-se na metodologia de LEAL JÚNIOR (2019), de forma que o VCC do sensor foi ligado à porta 3,3 V do ESP, o GND da placa, ao GND do ESP e a saída analógica do sensor, à porta 22 do ESP32.

Foi desenvolvido um código em C++ no software Arduíno IDE para iniciar o modo calibração ao ligar o equipamento. O procedimento deve ser realizado nas três soluções padrões, as quais terão valor médio sobre 10.000 leituras da sonda. No final da calibração é gerada uma curva de calibração conforme descrito por SKOOG (2009).

Por fim, o código entra em um *loop* para mostrar no monitor serial do software Arduíno IDE os valores que a sonda está lendo de qualquer solução

VIII SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVI Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 09 de dezembro de 2023

Tema: "INTERIORIZAÇÃO DA CIÊNCIA E REDUÇÃO DE ASSIMETRIAS: O PAPEL DOS PIBIC'S COMO EXPERIÊNCIA DE ARTICULAÇÃO DA PESQUISA NA GRADUAÇÃO E NA PÓS GRADUAÇÃO"



que se mergulhe o eletrodo de pH, baseando-se a resposta também na média de 10.000 leituras e na curva de calibração feita antes.

Para testar o phmetro desenvolvido foram feitas 6 baterias de testes, em triplicata, para comparar o equipamento feito com outros 3 phmetros o BEL W3B, o Thermo Orion 4 START e o HANNA HI 8424, todos calibrados com a mesma solução de calibração com valores de pH 4,00, 7,00 e 10,00.

Foram feitas quatro baterias de teste com o phmetro BEL W3B e uma bateria de testes com os phmetros Thermo Orion 4 START e o HANNA HI 8424, as leituras foram realizadas em solução padrão igual a da calibração, todos em triplicata.

Para avaliar as respostas dos phmetros aos análises realizadas foram utilizados dois testes estatísticos. O primeiro foi a análise hierárquica de cluster (AHC) que foi realizado pelo Ward's method. O segundo foi o teste ANOVA (one-way) realizado em duas etapas inicialmente considerou resultados com duas casas decimais e depois com uma casa decimal.

4. Resultados

Ao fazer as curvas de calibração, foi possível computar os dados e conferir os valores de r^2 para cada caso, conforme SKOOG (2009). Assim, é possível visualizar as curvas de calibração de cada ensaio e seus respectivos r^2 na Figura 01:

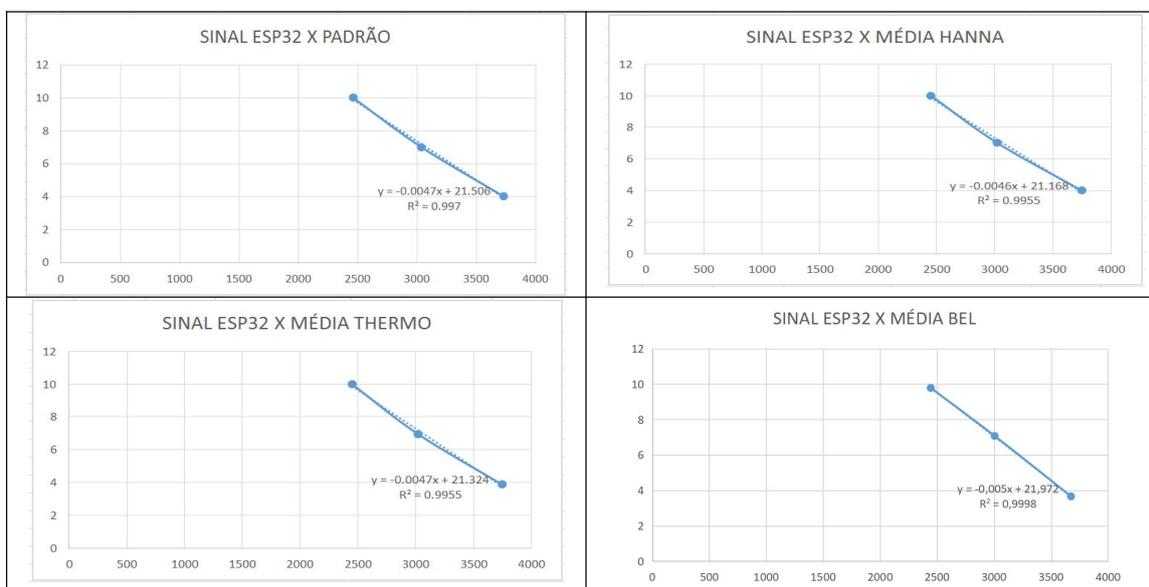


Figura 01. Valores de r^2 da curvas de calibração os phmetros testados.

Os resultados da análise hierárquica de cluster baseada na distância euclidiana evidenciou forte similaridade entre os phmetros quando analisado o teste especificamente em cada solução padrão (figura 02). Nessas condições é perceptível que a similaridade entre os equipamentos para cada solução padrão da ordem de 0,5.

VIII SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVI Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 09 de dezembro de 2023

Tema: "INTERIORIZAÇÃO DA CIÊNCIA E REDUÇÃO DE ASSIMETRIAS: O PAPEL DOS PIBIC'S COMO EXPERIÊNCIA DE ARTICULAÇÃO DA PESQUISA NA GRADUAÇÃO E NA PÓS GRADUAÇÃO"

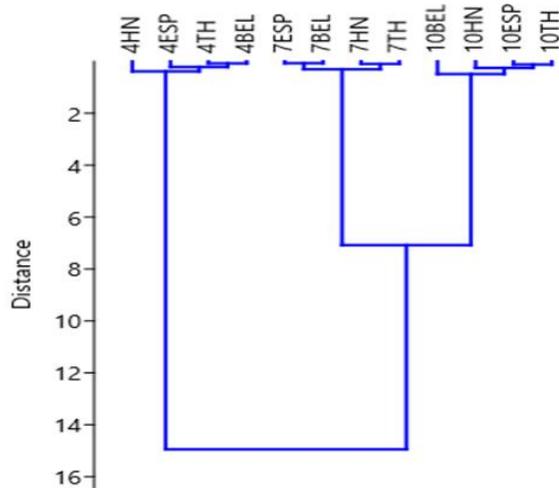


Figura 02. Similaridade entre phmetros testados em solução padrão de pH 4,0; 7,0 e 10,0.

Os testes de Análise de variância ANOVA (ONE-WAY), realizados entre todos os phmetros para todas as soluções padrões, revelaram que consideração das duas casas decimais no valor do pH resultou em $p < 0,01$ representou diferença significativa. Contudo, os testes considerando uma casa decimal resultaram valor de $p > 0,05$. Os testes ANOVA (ONE-WAY) considerando uma casa decimal resultou em $p > 0,05$ representando semelhança entre os resultados.

Possivelmente esse diferencial numérico de resultados entre os phmetros seja decorrente da faixa de sensibilidade de leitura de cada equipamento, geralmente esses equipamentos possuem uma faixa de precisão entre duas e três casas decimais. Portanto a variação de tecnologia na fabricação de cada equipamento pode influenciar na variação da segunda casa decimal.

Porém essa variação não possui representatividade sobre os mecanismos biológicos da biota, bem como, não são suficientemente fortes para promoverem alterações consideráveis na qualidade ecológicas da água e sua influência sobre a dinâmica limnológica e a biota.

5. Conclusão

Os resultados obtidos demonstram que o phmetro produzido atingiu um excelente padrão de resultados, especialmente quando comparado com os phmetros comerciais testados.

Os resultados da análise hierárquica de cluster mostram uma curta distância euclidiana entre os phmetros testados, evidenciando semelhança dos resultados.

A variação de resultados verificadas entre os phmetros testados estão representadas na segunda casa decimal dos valores de pH, esse resultado foi confirmado pelo teste ANOVA.

VIII SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVI Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 09 de dezembro de 2023

Tema: "INTERIORIZAÇÃO DA CIÊNCIA E REDUÇÃO DE ASSIMETRIAS: O PAPEL DOS PIBIC'S COMO EXPERIÊNCIA DE ARTICULAÇÃO DA PESQUISA NA GRADUAÇÃO E NA PÓS GRADUAÇÃO"



No sentido prático, as variações verificadas no teste ANOVA não exercem influência sobre a biota, bem como, não representam forças para alterar qualidade a água.

6. Agradecimentos

Ao apoio dos laboratórios Central analítica da Universidade Federal do Cariri e o Laboratório de Bioprospecção do Semiárido e Métodos Alternativos – LABSEMA da Universidade Regional do Cariri. Ambos permitiram haver os testes com os phmetros utilizados nesse estudo.

7. Referências

BABIUCH, Marek; FOLTÝNEK, Petr; SMUTNÝ, Pavel. Using the ESP32 microcontroller for data processing. In: **2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)**. IEEE, p. 1-6. 2019.

Esteves, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro. Interciência. 2011.

LEAL JÚNIOR, Wilmar Borges. Modelagem de um sistema multiparâmetro para monitoramento da qualidade da água utilizando internet das coisas. **Dissertação** (Mestrado em Modelagem Computacional e Sistemas) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Sistemas, Palmas, p. 71. 2019.

MACHADO, Cristopher Vidal et al. Sistema para Monitoramento de Parâmetros Físicos e Químicos de Corpos D'Água. In: **Anais do XVII Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas**. SBC, 2020. p. 117-125.

SKOOG, Douglas A.; WEST, Donald M.; HOLLER, F. James. **Fundamentos de química analítica**. 8 ed. São Paulo: Cengage Learning , 2009.

Tumwesigye, Z.; Tumwesigye, W.; Opio, F.; Kemigabo, C.; Mujuni, B. The effect of Water Quality on Aquaculture Productivity in Ibanda District, Uganda. **Aquaculture Journal**2, 23–36. 2022. <https://doi.org/10.3390/aquacj2010003>..

Wambua, D. M.; Home, P. G.; Raude, J. M.; Ondimu, S. Environmental and energy requirements for different production biomass of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in recirculating aquaculture systems (RAS) in Kenya, **Aquaculture and Fisheries**, Volume 6, Issue 6, 2021, Pages 593-600, ISSN 2468-550X, <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.07.019>.

Wurts, W. A. Daily pH cycle and ammonia toxicity. **World Aquaculture**, 34(2), 20–21. (2003).