

FACULDADE DE INFORMÁTICA E ADMINISTRAÇÃO PAULISTA

Gabriel Medioti Marques
Jó Sales

MONITORAMENTO DE AMÔNIA ATRAVÉS DE DISPOSITIVOS INTELIGENTES

Aplicando MQTT e IoT no monitoramento de NH₄ de regiões aquáticas

São Paulo, SP
2024

RESUMO

A monitorização da qualidade da água é fundamental para a preservação dos ecossistemas marinhos, especialmente diante dos desafios impostos pela poluição e pelas mudanças climáticas. A amônia (NH_4) é um dos principais poluentes encontrados em ambientes aquáticos, resultante de atividades humanas como a agricultura intensiva, a pecuária e o descarte inadequado de esgotos. Concentrações elevadas de amônia na água podem causar danos severos aos ecossistemas marinhos, afetando a saúde dos organismos aquáticos, incluindo peixes, invertebrados e plantas aquáticas.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o aumento da poluição da água por substâncias como a amônia representa uma ameaça significativa à biodiversidade marinha, com potencial impacto direto na segurança alimentar e no sustento de milhões de pessoas que dependem dos recursos marinhos para subsistência (FAO, 2022). Em muitas regiões costeiras, a expansão da aquicultura intensiva agrava os níveis de poluição por amônia, exacerbando os desafios ambientais enfrentados por essas comunidades (FAO, 2022).

Este trabalho apresenta um sistema de monitoramento contínuo de amônia na água do mar, utilizando um microcontrolador ESP32 e o protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). O sistema desenvolvido visa fornecer uma solução eficaz e acessível para monitorar os níveis de amônia em tempo real, permitindo uma resposta rápida a eventos de poluição e facilitando a gestão sustentável dos recursos marinhos.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água; Amônia; Monitoramento ambiental; Microcontrolador ESP32; MQTT (Message Queuing Telemetry Transport); IoT (Internet das Coisas)

ABSTRACT

Water quality monitoring is essential for preserving marine ecosystems, especially in the face of challenges posed by pollution and climate change. Ammonia (NH₄) is a major pollutant found in aquatic environments, resulting from human activities such as intensive agriculture, livestock farming, and improper sewage disposal. Elevated concentrations of ammonia in water can cause severe damage to marine ecosystems, affecting the health of aquatic organisms, including fish, invertebrates, and aquatic plants.

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), increasing water pollution by substances like ammonia poses a significant threat to marine biodiversity, with a direct impact on food security and the livelihoods of millions of people who depend on marine resources for subsistence (FAO, 2022). In many coastal regions, the expansion of intensive aquaculture exacerbates levels of ammonia pollution, worsening environmental challenges these communities face (FAO, 2022).

This paper presents a system for continuous monitoring of ammonia in seawater using an ESP32 microcontroller and the MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protocol. The developed system aims to provide an effective and affordable solution for monitoring ammonia levels in real-time, enabling a rapid response to pollution events and facilitating sustainable management of marine resources.

KEYWORDS: Water quality; Ammonia; Environmental monitoring; ESP32 microcontroller; MQTT (Message Queuing Telemetry Transport); Internet of Things (IoT)

INTRODUÇÃO

A monitorização da qualidade da água é fundamental para a preservação dos ecossistemas marinhos, especialmente diante dos desafios impostos pela poluição e pelas mudanças climáticas. A amônia (NH_4) é um dos principais poluentes encontrados em ambientes aquáticos, resultante de atividades humanas como a agricultura intensiva, a pecuária e o descarte inadequado de esgotos. Concentrações elevadas de amônia na água podem causar danos severos aos ecossistemas marinhos, afetando a saúde dos organismos aquáticos, incluindo peixes, invertebrados e plantas aquáticas.

A presença de amônia em corpos d'água é especialmente preocupante devido à sua toxicidade potencial e seu papel como nutriente, contribuindo para a eutrofização e proliferação de algas nocivas nos ecossistemas marinhos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a poluição por amônia e outras substâncias representa uma ameaça crítica à biodiversidade marinha, impactando a segurança alimentar e os meios de subsistência de milhões de pessoas que dependem dos recursos marinhos (FAO, 2022).

Nas áreas costeiras, práticas intensivas de aquicultura exacerbam ainda mais a poluição por amônia, aumentando os desafios ambientais enfrentados por essas regiões. O monitoramento eficaz e a gestão dos níveis de amônia na água do mar são essenciais para mitigar esses impactos e garantir o uso sustentável dos recursos marinhos.

Este artigo apresenta um sistema de monitoramento contínuo de amônia na água do mar utilizando o microcontrolador ESP32 e o protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). O microcontrolador ESP32 foi escolhido devido ao seu baixo consumo de energia, capacidades integradas de Wi-Fi e versatilidade em aplicações de IoT. O MQTT, um protocolo de mensagens leve, permite a comunicação eficiente entre o microcontrolador e um broker MQTT baseado na nuvem, facilitando a transmissão de dados em tempo real e o monitoramento remoto.

O sistema desenvolvido visa fornecer uma solução acessível e eficaz para o monitoramento dos níveis de amônia em tempo real, permitindo intervenções rápidas em caso de eventos de poluição e apoiando práticas de gestão sustentável. Ao implementar este sistema, as partes interessadas, incluindo agências ambientais, pesquisadores e comunidades costeiras, podem obter insights valiosos sobre a dinâmica da qualidade da água, melhorando assim os processos de tomada de decisão e os esforços de conservação.

DESENVOLVIMENTO

1. Tecnologias e Metodologias Utilizadas

1.1. Microcontrolador ESP32

O ESP32 é um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia, amplamente utilizado em aplicações de IoT devido às suas capacidades integradas de Wi-Fi e Bluetooth. No contexto deste projeto, o ESP32 é empregado para capturar dados de um sensor de amônia e enviar esses dados para um servidor MQTT. A escolha do ESP32 se deve à sua capacidade de operar em ambientes de baixo consumo energético, essencial para aplicações em campo como monitoramento ambiental marinho.

1.2. Protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)

O MQTT é um protocolo de mensagens leve, projetado para ambientes de rede com largura de banda limitada e alta latência. Ele facilita a comunicação entre dispositivos e servidores, permitindo que dispositivos IoT enviem dados de forma eficiente para um servidor centralizado. No contexto deste projeto, um servidor MQTT é configurado na nuvem para receber dados de concentração de amônia do ESP32. A natureza assíncrona do MQTT permite o monitoramento contínuo e em tempo real dos níveis de amônia na água do mar.

1.3. Sensor de Amônia

O sensor de amônia utilizado neste projeto é essencial para medir as concentrações de amônia na água do mar. Existem diferentes tipos de sensores de amônia, como os baseados em eletrodos seletivos, que oferecem sensibilidade e precisão adequadas para aplicações de monitoramento ambiental. A precisão dos dados coletados pelo sensor é fundamental para garantir a confiabilidade das informações transmitidas pelo ESP32 para o servidor MQTT.

2. Implementação do Sistema

2.1. Configuração do Hardware

O sistema é configurado com o ESP32 conectado ao sensor de amônia e configurado para enviar os dados de concentração de amônia ao servidor MQTT. O ESP32 é programado para operar de maneira eficiente, capturando dados de forma regular e enviando-os para o servidor MQTT por meio da conexão Wi-Fi.

2.2. Desenvolvimento do Script Python

Um script Python é desenvolvido para se conectar ao servidor MQTT, receber as leituras de concentração de amônia e calcular a média das leituras recebidas nos últimos 10 segundos. O script utiliza a biblioteca `paho-mqtt` para comunicação MQTT e `time` para calcular o tempo de espera necessário para a média das leituras.

```
import paho.mqtt.client as mqtt
import time

# Configurações do MQTT
MQTT_BROKER = "broker.hivemq.com"
MQTT_PORT = 1883
MQTT_TOPIC = "sensor/nh4"

# Variáveis para armazenar as leituras
readings = []

# Função callback quando uma mensagem é recebida
def on_message(client, userdata, message):
    try:
        # Convertendo a mensagem recebida para um valor
        numérico
        reading = float(message.payload.decode("utf-8"))
        readings.append(reading)
        print(f"Recebido: {reading}")
    except ValueError:
        print("Mensagem recebida não é um número válido")

# Função callback para conexão
def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    if rc == 0:
        print("Conectado com sucesso ao broker")
        client.subscribe(MQTT_TOPIC)
    else:
        print(f"Falha na conexão. Código de retorno: {rc}")

# Configurando o cliente MQTT
client = mqtt.Client()
client.on_connect = on_connect
client.on_message = on_message

# Conectando ao broker
client.connect(MQTT_BROKER, MQTT_PORT, 60)
```

```
# Iniciando o loop do cliente em um thread separado
client.loop_start()

# Escutando por 10 segundos
time.sleep(10)

# Parando o loop e desconectando
client.loop_stop()
client.disconnect()

# Calculando a média das leituras
if readings:
    average_reading = sum(readings) / len(readings)
    print(f"Média das leituras nos últimos 10 segundos:
{average_reading}")
else:
    print("Nenhuma leitura recebida.")
```

2.3. Validação do Sistema

O sistema é validado em condições controladas de laboratório e, posteriormente, em ambientes marinhos reais. A validação inclui a verificação da precisão do sensor, a confiabilidade da comunicação MQTT e a capacidade do sistema de fornecer dados precisos e em tempo real sobre os níveis de amônia na água do mar.

3. Benefícios e Aplicações

3.1. Benefícios do Sistema

- **Monitoramento em Tempo Real:** Permite o monitoramento contínuo dos níveis de amônia na água do mar, proporcionando uma resposta rápida a eventos de poluição.
- **Eficiência Energética:** O ESP32 opera com baixo consumo de energia, adequado para aplicações de longa duração em campo.
- **Acessibilidade:** Utiliza tecnologias acessíveis e de fácil implementação, permitindo sua adoção por organizações e comunidades interessadas.

3.2. Aplicações Potenciais

- **Gestão Ambiental:** Auxilia na gestão sustentável dos recursos marinhos, apoiando a tomada de decisões informadas por dados.
- **Pesquisa Científica:** Fornece dados valiosos para estudos sobre a saúde dos ecossistemas marinhos e os impactos da poluição por amônia.

- **Educação e Sensibilização:** Facilita a educação ambiental e a conscientização pública sobre os desafios enfrentados pelos ecossistemas marinhos.

CONCLUSÃO

O sistema de monitoramento contínuo de amônia na água do mar utilizando ESP32 e MQTT representa uma contribuição significativa para o campo de monitoramento ambiental marinho. Ao integrar tecnologias avançadas de IoT, o sistema oferece uma solução eficaz e acessível para monitorar e mitigar os impactos da poluição por amônia nos ecossistemas marinhos. O desenvolvimento deste sistema demonstra o potencial das tecnologias emergentes em melhorar a gestão e a conservação dos recursos marinhos, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NGUYEN, T.; DO, T.; KIM, Y. An Intelligent IoT-based Monitoring System for Seawater Quality. *Sensors* (Basel, Switzerland), v. 20, n. 11, p. 3208, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s20113208>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- PAHO MQTT TEAM. Paho MQTT Python client. Eclipse Foundation. Disponível em: <https://www.eclipse.org/paho/index.php?page=clients/python/docs/index.php>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- SPARKFUN ELECTRONICS. SparkFun ESP32 Thing. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/products/13907>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- VELÁZQUEZ, A. et al. Remote Monitoring System for Environmental Parameters in Marine Aquaculture. *Sensors* (Basel, Switzerland), v. 17, n. 11, p. 2620, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s17112620>. Acesso em: 7 jun. 2024.
- YOON, S.; KIM, Y. Smart IoT-Based Monitoring and Management System for Marine Aquaculture. *Sustainability*, v. 13, n. 1, p. 264, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13010264>. Acesso em: 7 jun. 2024.