

Monitoramento automatizado da qualidade da água-marinha em regiões com recifes de corais, visando a preservação de seu ecossistema.

Gustavo Oliveira Ramos Cruz¹; João Vitor Fraga dos Santos²; Gabriel Almeida Vergne De Menezes³; Juan Nemesio Dos Santos⁴; Antônio Ivan Messias Soares Júnior⁵; Rafael Nascimento De Menezes⁶; George Gebers Brizolla⁷; João Paulo Caldas Lucas⁸; Márcio Rene Brandão Soussa⁹; Morjane Armstrong Santos de Miranda¹⁰;

¹ **Gustavo Oliveira Ramos Cruz**; Graduando em Engenharia da Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; gustavo.cruz@ba.estudante.senai.br

² **João Vitor Fraga dos Santos**; Graduando em Engenharia da Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; joao.santos7@aln.senaicimatec.edu.br

³ **Gabriel Almeida Vergne De Menezes**; Graduando em Engenharia da Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; gabriel.menezes@aln.senaicimatec.edu.br

⁴ **Juan Nemesio Dos Santos**; Graduando em Engenharia de Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; juan.santos@aln.senaicimatec.edu.br

⁵ **Antônio Ivan Messias Soares Júnior**; Graduando em Engenharia da Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; antonio.i.junior@aln.senaicimatec.edu.br

⁶ **Rafael Nascimento de Menezes**; Graduando em Engenharia da Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; rafael.menezes@aln.senaicimatec.edu.br

⁷ **George Gebers Brizolla**; Graduando em Engenharia da Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; george.brizolla@aln.senaicimatec.edu.br

⁸ **João Paulo Caldas Lucas**; Graduando em Engenharia da Computação; Centro Universitário SENAI CIMATEC; joao.lucas@aln.senaicimatec.edu.br

⁹ **Márcio Rene Brandão Soussa**; Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologias Industriais; marcio.soussa@fiel.org.br

¹⁰ **Morjane Armstrong Santos de Miranda**; Doutora em Administração; Centro Universitário SENAI CIMATEC; morjanessa@gmail.com

RESUMO

A proposta da pesquisa é otimizar a preservação dos recifes de coral através do monitoramento automatizado. Esses ecossistemas marinhos críticos que fornecem habitat e alimento para diversas espécies marinhas sofrem de rápida degradação devida às atividades humanas, ameaçando seu equilíbrio ecológico. Uma das formas mais eficazes de preservar esses recifes é monitorando a qualidade da água em seus arredores, garantindo que fatores críticos como temperatura, nível de oxigênio e salinidade estejam em níveis adequados. Tendo em vista que os métodos de monitoramento tradicionais são lentos, em decorrência de necessitarem de agentes em campo, o objetivo deste trabalho é conceber um dispositivo de monitoramento autônomo capaz de transmitir dados do local desejado em tempo real para pesquisadores e equipes de preservação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Recifes de coral; Monitoramento; Automação

1. INTRODUÇÃO

Os recifes de coral são ecossistemas essenciais que abrigam boa parte da vida marinha, fornecendo o habitat e alimento necessário à diversas espécies Cole (2008). Entretanto, as atividades humanas e alterações climáticas têm degradado rapidamente esses sistemas, ameaçando seu equilíbrio. De acordo com Obura et al. (2019), uma das maneiras mais adequadas de preservar esses recifes é via o monitoramento constante da qualidade da água em seus arredores, para garantir que fatores como temperatura, nível de oxigênio e salinidade estejam em níveis adequados.

Tradicionalmente, o monitoramento é um processo demorado, composto pelas etapas de coleta e análise, que costumam ser realizadas manualmente. Este não só é um processo ineficiente, como também passível de erro, pois mudanças na qualidade da água analisada podem ocorrer entre coletas, impedindo ações imediatas Manderson et al. (2017).

Hédouin (2014) avaliou a eficácia das abordagens tradicionais de monitoramento dos ecossistemas marinhos, salientando a necessidade de sistemas automatizados eficientes e precisos. Na mesma vertente, Ditria et al. (2022) destacaram fatores-chave que limitam o monitoramento desses sistemas, enfatizando custos de manutenção a longo prazo, uso de equipamentos inadequados e investimento. Entretanto, os autores destacam, ainda, que o uso de tecnologias emergentes baseadas em Inteligência Artificial podem aliviar muitos desses fatores, graças à coleta mais precisa, imediata e automática de informação.

Tecnologias similares já vêm sendo usadas para monitorar, por exemplo, a Grande Barreira de Corais Australiana, recorrendo à aprendizagem de máquina, sensores e modelos preditivos Marimuthu (2017). Por exemplo, uma abordagem de Nunes et al. (2020) propôs um método para automatizar o monitoramento da qualidade da água e a saúde de espécies nativas usando sensores, modelagem preditiva e aprendizado de máquina.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é explorar os avanços recentes no monitoramento automatizado de regiões marinhas, visando desenvolver uma solução que automatize o monitoramento da temperatura, nível de oxigênio e salinidade da água para aferir sua qualidade em regiões com recifes de corais, visando a preservação de seu ecossistema.

Este trabalho está dividido em 5 seções: a segunda seção define a fundamentação teórica que pauta o documento. Na seção 3 é evidenciada a metodologia da pesquisa. Em 4, são apresentados os resultados e a discussão dos mesmos. Finalmente, em 5 são realizadas as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base teórica deste documento assenta nos domínios da conservação marinha e da monitorização ambiental. A importância dos recifes de coral como um ecossistema crítico, que fornece habitat e sustento a numerosas espécies marinhas, tem sido amplamente investigada por Pratchett (2014) e Wulff (2001).

As atividades humanas e as alterações climáticas são reconhecidas como ameaças significativas para os recifes de coral, tornando a sua preservação uma questão crítica Graham et al. (2020). De modo geral, a responsabilidade social é um dos fatores-chave na preservação de recifes, especialmente quando estes estão localizados em regiões costeiras, onde o descarte de dejetos, criação de infraestrutura e a pesca predatória podem ameaçar espécies nativas Ayyam (2019), Armstrong et al. (2014).

Uma das formas mais eficazes de proteger os recifes de coral é monitorizar a qualidade da água circundante, em particular a salinidade, a temperatura, os níveis de oxigênio e pH, para manter um equilíbrio entre estes fatores críticos Gonzales et al. (2022), Portner (2007). O monitoramento pode ser baseado na coleta e análise de dados diretamente da área selecionada, podendo ser realizada por humanos ou agentes autônomos Jameson et al. (2001).

As abordagens tradicionais de monitoramento da qualidade da água envolvem a coleta manual de dados, sendo um procedimento demorado e custoso, que pode originar uma resposta tardia às alterações no ambiente, conduzindo a efeitos negativos a longo prazo no ecossistema. Para resolver estas questões, investigadores têm desenvolvido sistemas de monitoramento automatizados que recolhem e analisam dados em tempo real, permitindo respostas rápidas e eficazes às alterações ambientais Bellworthy (2022).

Muito dessa automação pode ser realizada através do lançamento de sistemas autônomos Claverie et al. (2021) capazes de extrair informações em tempo real e coletar amostras da região, entretanto, esse ainda é um método custoso que necessita de grandes investimentos. Outra possibilidade é o uso de biossensores descentralizados, capazes de compartilhar informações à distância e fornecer informações em tempo real sobre a região onde foram instalados Gastoldi (2023).

Seguindo essa linha, este artigo visa explorar os recentes avanços na monitorização automatizada de regiões marinhas, centrando-se no desenvolvimento de um sistema que automatiza a monitorização de factores de qualidade da água, como a temperatura, a salinidade e os níveis de oxigênio em regiões de recifes de coral, para garantir a sua preservação.

3. METODOLOGIA

A pesquisa seguirá o conceito descritivo-qualitativo, buscando catalogar e entender os dados encontrados, aprofundar o aprendizado sobre o conceito e então buscar uma alternativa válida por meio desses conhecimentos para a automatização do mesmo. Usando como base de operação e análise de dados os ecossistemas de corais que costumam ser mais afetados, ou os que sejam mais preservados e disponíveis para o grupo.

Para aprofundar nessa ideia, a busca em artigos, livros e diversos documentos para classificar até onde chegaram os níveis de automação no monitoramento dessas áreas e entender o que falta para realizar uma idealização de um protótipo que funcionaria para cobrir essas deficiências.

Portanto, a proposta consiste na criação de uma Bóia Meteoceanográfica com sensores para coletar dados em tempo real referentes à salinidade da água, temperatura,

nível de oxigênio e enviar para um laboratório onde serão feitas as análises da qualidade da água.

Esse estudo será efetuado inicialmente no Parque Nacional de Abrolhos, localizado no estado da Bahia, devido às limitações de locomoção do grupo. Os testes ocorrerão primeiramente fora da água, com o propósito de testar os sensores. Após validação dessa etapa, serão feitos testes de campo, onde o dispositivo será instalado em mar aberto, visando avaliar sua qualidade em uma aplicação real.

6. REFERÊNCIAS

- ¹ COLE, J.; PRATCHETT, M. S.; JONES, G. P. **Diversity and functional importance of coral-feeding fishes on tropical coral reefs**. Fish and Fisheries, v. 9, n. 3, p. 286-307, 2008. ISSN 1467-2960. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00290.x>>.
- ² OBURA, D. O. et al. **Coral Reef Monitoring, Reef Assessment Technologies, and Ecosystem-Based Management**. Frontiers in Marine Science, v. 6, 2019. ISSN 2296-7745. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2019.00580> >.
- ³ MANDERSON, T. et al. **Robotic Coral Reef Health Assessment Using Automated Image Analysis**. Journal of Field Robotics, v. 34, n. 1, p. 170-187, 2017. ISSN 1556-4959. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/rob.21698>>.
- ⁴ HÉDOUIN, L.; BERTEAUX-LECELLIER, V. **TRADITIONAL VS NEW APPROACHES FOR ASSESSING CORAL HEALTH: A GLOBAL OVERVIEW AND THE PARADIGM OF FRENCH POLYNESIA**. Journal of Marine Science and Technology, v. 22, n. 1, p. 4, 2014. ISSN 2709-6998. Disponível em: <<https://jmstt.ntou.edu.tw/journal/vol22/iss1/4>>.
- ⁵ DITRIA, E. M. et al. **Artificial intelligence and automated monitoring for assisting conservation of marine ecosystems: A perspective**. Frontiers in Marine Science, v. 9, 2022. ISSN 2296-7745. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.918104>>.
- ⁶ MARIMUTHU, P.; ARAVINDA, R. S.; SCOTT, B. **REAL-TIME MONITORING OF THE GREAT BARRIER REEF USING INTERNET OF THINGS WITH BIG DATA ANALYTICS**. ITU Journal: ICT Discoveries, Melbourne, Australia, v. 1, n. Special Issue No. 1, p. 3, Outubro 2017. Disponível em: <<http://handle.itu.int/11.1002/pub/8129dfd-en>>.
- ⁷ NUNES, J. A. C. C. et al. **Speeding up coral reef conservation with AI-aided automated image analysis**. Nature Machine Intelligence, v. 2, n. 6, p. 292, Junho 2020. ISSN 2522-5839. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s42256-020-0192-3>>.
- ⁸ PRATCHETT, M. S.; HOEY, A. S.; WILSON, S. K. **Reef degradation and the loss of critical ecosystem goods and services provided by coral reef fishes**. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 7, p. 37-43, 2014. ISSN 1877-3435. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187734351300184X>>.
- ⁹ WULFF, J. **Assessing and monitoring coral reef sponges: Why and how?** Bulletin of Marine Science, Miami, v. 69, n. 2, p. 831-846, Setembro 2001. ISSN 0007-4977. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/233669506_Assessing_and_monitoring_coral_reef_sponges_Why_and_how>.

¹⁰ GRAHAM, N. A. J. et al. **Changing role of coral reef marine reserves in a warming climate**. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 2000, Abril 2020. ISSN 2041-1723. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-15863-z>>.

¹¹ AYYAM, V.; PALANIVEL, S.; CHANDRAKASAN, S. **Balancing Development and Environmental Impact in the Coastal Regions**. In: AYYAM, V.; PALANIVEL, S.; CHANDRAKASAN, S. **Coastal Ecosystems of the Tropics - Adaptive Management**. Singapura: Springer Singapore, 2019. p. 579-595. ISBN 978-981-13-8926-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8926-9_25>.

¹² ARMSTRONG, C. W. et al. **Cold water coral reef management from an ecosystem service perspective**. *Marine Policy*, v. 50, p. 126-134, Dezembro 2014. ISSN 0308-597X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X14001468>>.

¹³ GONZALES, M. B. et al. **Benthic foraminifera as bioindicator of coral reef condition in Nogas Island, Philippines**. *Regional Studies in Marine Science*, v. 52, p. Art. 102352, Maio 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102352>>.

¹⁴ PÖRTNER, H. O.; KNUST, R. **Climate Change Affects Marine Fishes Through the Oxygen Limitation of Thermal Tolerance**. *Science*, v. 315, n. 5808, p. 95-97, Janeiro 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1126/science.1135471>>.

¹⁵ JAMESON, S. C. et al. **Charting a course toward diagnostic monitoring: A continuing review of coral reef attributes and a research strategy for creating coral reef indexes of biotic integrity**. *Bulletin of Marine Science*, Miami, v. 69, n. 2, p. 701-744, Setembro 2001. Disponível em: <<https://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/2001/00000069/00000002/art00039>>.

¹⁶ BELLWORTHY, J.; FINE, M. **The Red Sea Simulator: A high-precision climate change mesocosm with automated monitoring for the long-term study of coral reef organisms**. *Association* 2022. ISSN 2352-4855. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352485522000986>>.

¹⁷ CLAVERIE, T. et al. **Coupling underwater autonomous vehicles and automatic video analysis for efficient monitoring of coral reef ecosystems: promises and challenges**. *Portail HAL des publications du LIRMM, Brémen, Alemanha*, v. ICRS 2021, n. 15th International Coral Reef Symposium, Julho 2021. Disponível em: <<https://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/lirmm-03820865>>.

¹⁸ GASTOLDI, L.; CINTI, S. **(Bio)sensors applied to coral reefs' health monitoring: a critical overview**. *Green Analytical Chemistry*, v. 4, p. 100049, Março 2023. ISSN 2772-5774. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.greeac.2023.100049>>.