

O USO DE VEÍCULOS SUBAQUÁTICOS OPERADOS REMOTAMENTE NAS INDUSTRIAS DE ENERGIA HIDRELÉTRICA E NUCLEAR¹

CIONGOLI, Giovana²

BIATY, Flávia Paladino³, PALADINO, Patrícia Andrea⁴, SABUNDJIAN, Gaiandê⁵

RESUMO

Os veículos subaquáticos operados remotamente, conhecidos como Remotely Operated Vehicles (ROV's), possuem eficiência comprovada em diversas aplicações. Sua utilização em ambientes insalubres e confinados, tais como usinas hidrelétricas e nucleares, permite maior segurança e eficiência dos trabalhos subaquáticos. Dessa forma, este trabalho buscou apresentar uma perspectiva mundial sobre o uso dos ROV's na área das indústrias hidrelétrica e nuclear, analisando sua aplicabilidade no âmbito nacional, por meio de uma revisão bibliográfica. Concluiu-se que a aplicação dos ROV's é pertinente e necessária, considerando a matriz elétrica brasileira. Entretanto, observou-se que essa tecnologia é ainda pouco difundida, de forma que a pesquisa e publicação de trabalhos sobre o tema poderão gerar mais confiabilidade no método apresentado.

Palavras-chave: robótica subaquática, usina hidrelétrica, usina nuclear, tecnologia

INTRODUÇÃO

Os veículos subaquáticos não tripulados, tradução proveniente da sigla em inglês UUVs (*Unmanned Underwater Vehicles*) surgiram em 1868 através de um torpedo de autopropulsão. Quase um século depois, após avanços tecnológicos significativos nas engenharias mecânicas e eletrônicas, surgiu a primeira sub-categoria dos UUV's, os veículos subaquáticos operados remotamente através de um cabo umbilical e sensores acústicos, os ROV's (*Remotely Operated Vehicles*) que datam de 1958 na literatura publicada e 1953 em relatos não publicados oficialmente. Com eficiência comprovada nas mais variadas aplicações, os ROV's foram predecessores dos AUV's (*Autonomous Underwater Vehicles*), veículos também de operação remota, mas sem a necessidade de ser controlado, sendo seu funcionamento através de programações pré-definidas e com inteligência artificial suficiente para tomar decisões de forma autônoma durante a realização de suas atividades pré-programadas (BATTLE, J. *et al*, 2004; PETILLOT, Y. R. *et al*, 2019).

Com os oceanos cobrindo mais de 70% da superfície da Terra, é inteligível que as principais aplicações das tecnologias subaquáticas se estabelecessem em setores que explorem esses ambientes e foi através de uma indústria de energia de petróleo e gás que a robótica submarina ficou amplamente difundida e recebeu investimentos que permitem,

¹ Projeto de Pesquisa proveniente de uma dissertação de mestrado em andamento pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-USP).

² Mestranda; Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-USP); São Paulo; SP; giciongoli@usp.br;

³ Doutoranda; Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-USP); São Paulo; AP; flabiaty@gmail.com

⁴ Doutora; Instituto Federal de São Paulo (IFSP); São Paulo; SP; patricia.paladino@yahoo.com.br

⁵ Doutora; Instituto Federal de São Paulo (IFSP); São Paulo; SP; gjjian@ipen.br

até hoje, seu crescimento, especialmente na categoria dos ROV's (BATTLE, J. *et al*, 2004; PETILLOT, Y. R. *et al*, 2019; NUTECMAR, 2022). A indústria *offshore* de petróleo e gás permitiu que os ROV's se transformassem, não somente em ferramentas mais eficientes para a indústria, como também em produtos comercialmente atrativos. Antes de sua introdução neste mercado, os robôs controlados via cabo, eram, majoritariamente, uma tecnologia militar, com dezenas de unidades em todo o mundo, passando para milhares de unidades após sua difusão pelo mercado industrial *offshore* (NUTECMAR, 2022).

Com o uso do ROV's, a exposição e os riscos para humanos se tornaram cada vez menores, aumentando a segurança e eficiência dos trabalhos subaquáticos, principalmente em ambientes insalubres, confinados e de maior risco tais como em usinas hidrelétricas e nucleares. A aplicação de veículos subaquáticos na indústria vem se tornando tão ampla quanto sua utilização no ambiente marinho e muito avanço no desenvolvimento de novas tecnologias vem sendo observado (LUO, Y. *et al*, 2018).

OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma perspectiva mundial sobre o uso dos veículos subaquáticos operados remotamente (ROV's) na área das indústrias hidrelétrica e nuclear e analisar sua aplicabilidade no âmbito nacional.

METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa qualitativa desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica. Faz parte de uma dissertação de mestrado, ainda em andamento, pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Por ser reconhecida e bem aplicada a utilização dos veículos submarinos na indústria de petróleo e gás é que o presente trabalho não pretende abranger o tema, mas sim trazer notoriedade e um mais aplicado estudo sobre outras duas áreas da indústria de energia: a hidrelétrica e a nuclear.

Petillot, Y. R. *et al* (2019), dividem as aplicações para o uso de robótica subaquática em áreas de atuação, sendo elas: pesquisa científica, meio ambiente, indústria, civil e militar. Na área da indústria, encontram-se as inspeções em estruturas submersas do tipo tubulações e barragens (estruturas encontradas em usinas hidrelétricas) e as inspeções em usinas nucleares.

As usinas hidrelétricas são construídas ao longo de bacias hidrográficas e possuem grande parte de suas estruturas instaladas no ambiente submerso, à montante e à jusante do corpo hídrico. Para garantir seu adequado funcionamento, em termos de geração energética e segurança, as inspeções subaquáticas são atividades regulares nesses ambientes e garantem que as usinas estejam em conformidade com as normas regulamentadoras (NUTECMAR, 2022). Existem duas principais categorias de inspeção: periódica e operacional. As inspeções visuais subaquáticas geralmente são realizadas nas inspeções operacionais. Os métodos mais aplicados nessas intervenções são os mergulhadores e o uso de ROV's (BATTLE, J. *et al*, 2003; MAGALHÃES, P. H. V., 2007).

O ensaio visual consiste em monitorar e detectar potenciais avarias estruturais e de funcionamento da usina, tais como rachaduras na barragem, deslocamento de concreto, deposição de sedimento nos vertedouros, incrustação e sujidade nas grades e trilhos etc. Com esses objetivos, o uso de sistemas operados remotamente torna-se muito mais eficiente do que mergulhadores, pois além de garantir mais segurança à operação, especialistas podem assistir à inspeção em tempo real, garantindo que nenhum detalhe

importante de ser notado (BATLLE, J. *et al*, 2003; NUTECMAR, 2022). Além de capturar imagens em tempo real, os ROV's podem levar sensores, câmeras acústicas e sistemas de georreferencia para que a inspeção se torne viável nos mais diversos ambientes e condições, colaborando com informações complementares que podem auxiliar na obtenção de resultados mais completos. Tsusaka, Y. *et al* (1986), Poupart, M. *et al* (2000) e Batlle, J. *et al* (2003) são alguns dos poucos trabalhos encontrados na literatura que trazem conhecimento sobre a aplicabilidade dos ROV's em usinas hidrelétricas.

Em usinas nucleares, a segurança durante as inspeções é ainda mais necessária e nos últimos anos o investimento em sistemas robóticos de inspeções não destrutivas cresceu exponencialmente, especialmente em países onde a energia nuclear é a matriz principal de fornecimento energético (CIONGOLI, G. *et al*, 2021).

Nas usinas nucleares que possuem reatores tipo piscina ou reatores refrigerados a água pressurizada (PWR), a água é um dos elementos primordiais para o adequado funcionamento do sistema porque possui excelentes propriedades como moderador e refrigerante para um reator nuclear. A presença do núcleo dos reatores imersos em água fez com que se criasse mais um ambiente insalubre e de difícil acesso para as inspeções periódicas e de manutenção (TERREMOTO, 2004). Koji, K. (1999), Cho, B. *et al* (2004) e Min, L. V. X. *et al* (2014) são alguns dos autores da literatura que desenvolveram sistemas subaquático especialmente para serem usados no ambiente nuclear.

Não há disponível na literatura, artigos que fazem menções à inspeções subaquáticas nas usinas de Angra dos Reis e o contato com as empresas do setor é restrito. Informações fornecidas por pesquisadores, não publicadas até o presente momento, são de que as inspeções subaquáticas nas usinas nucleares brasileiras são realizadas durante a parada total da usina, que ocorre anualmente, por empresas terceirizadas estrangeiras.

No reator de pesquisa IEA-R1 do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares há estudos em andamento que trarão resultados específicos a respeito da aplicação de ROV's em inspeções visuais e sabe-se que atualmente, por questões de alto custo dos equipamentos dedicados à essa finalidade, as inspeções subaquáticas são realizadas com câmeras subaquáticas comuns, com durabilidade de minutos e a grandes distâncias do reator, limitando substancialmente as inspeções periódicas e não trazendo resultados expressivos e confiáveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil quase metade da matriz energética é proveniente de usinas hidrelétricas, instaladas em quase todos os estados brasileiros com características ambientais diversas, mas com a mesma necessidade e preocupação com segurança do trabalho e de integridade. Com estes cenários e altas demandas, a aplicação dos ROV's torna-se pertinente e necessária. Contudo, por ser uma tecnologia pouco difundida, é ainda subestimada pelas instituições que detêm a concessão dessas usinas hidrelétricas. Para auxiliar no suprimento da alta demanda nacional, as usinas nucleares de Angra dos Reis estão em plena atividade e possuem demandas semelhantes ao que tange segurança do trabalho e monitoramento do sistema estrutural e de funcionamento, mesmo que em mais baixa demanda.

É imprescindível então que mais estudos aprofundados a cerca do tema sejam incentivados e publicados, trazendo o conhecimento e gerando mais confiabilidade no método apresentado.

REFERÊNCIAS

BATLLE, J. *et al*. **URIS**: Underwater Robotic Intelligent System. In: M de la CRUZ, J. *et al*. Automation for the Maritime Industries. Madrid. Editora PGM. Cap 11, p. 177-205. 2004.

PETILLOT, Y. R. et al. **Underwater Robots**. From Remotely Operated Vehicles to Intervention-Autonomous Underwater Vehicles. IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 26, n. 2, p. 94-101, 2019.

NUTECMAR. ROV Training Teorical Level. Nutecmar, Brazil, 2022.

LUO, Y. et al. **A New Underwater Robot for Crack Welding in Nuclear Power Plants**. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. Kuala Lumpur. 2018.

BATLLE, J. et al. **ROV-AIDED Dam Inspection: Practical Results**. Elsevier. Girona. 2003.

MAGALHÃES, P. H. V. **Desenvolvimento de um Submersível Remotamente Operado de Baixo Custo e Caracterização dos Sistemas de Propulsão e Vetorização de Empuxo por Hélice**. Belo Horizonte. 2007.

TSUSAKA, Y. et al. **Murs-300 mk ii: A remote inspection system for underwater facilities of hydraulic power plants**. IEEE Journal of Oceanic Engineering. Cap 11, p. 359-363. 1986.

POUPART, M. et al. **Subaquatic inspections of edf (electricite de France) dams**. IEEE Oceans Conference Record. Cap 2, p. 939-942. 2000.

CIONGOLI, G. et al. **Analysis of the application of remotely operated underwater vehicles in nuclear power plants**. INAC, 2021.

TERREMOTO, L. A. A. **Disciplina TNR5764: Fundamentos de Tecnologia Nuclear e Reatores**. IPEN, São Paulo. 2004.

KOJI, K. **Underwater inspection robot – AIRIS 21**. Nuclear engineering and design, v. 188, n. 3, p. 367-371. 1999.

CHO, B. et al. **KeptoVt: underwater robotic system for visual inspection of nuclear reactor internals**. Nuclear engineering and design, v. 231, n. 3, p. 327-335. 2004.

MIN, L. V. X. et al. **Design Of Underwater Welding Robot Used In Nuclear Plant**. Key Engineering Materials. Trans Tech Publications Ltd, p. 484-489. 2014.