



## INSPEÇÕES SUBAQUÁTICAS EM TOMADA D'ÁGUA DE USINAS HIDRELÉTRICAS COM AUXÍLIO DE *REMOTELY OPERATED VEHICLE* (ROV)

BRAGA, M.R.; FERREIRA, R.R.; FAIS, L.M.C.F.

### RESUMO

No Brasil, a principal fonte de energia é a hidrelétrica, o que tornou necessário a construção de barragens. Segundo a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), essas devem sempre ser inspecionadas, para verificação das condições de segurança estrutural e operacional das barragens. A deterioração das estruturas de uma barragem é um desafio mundial, já que muitas delas estão construídas a mais de 50 anos, o que aumenta os riscos de uma possível falha. Atualmente, as inspeções em infraestruturas submersas são realizadas por uma equipe de mergulhadores, que traz alguns problemas, dentre eles, a dificuldade de encontrar mão de obra capacitada para realização das inspeções, os custos destas, além da exposição dos mergulhadores ao risco de acidentes. Porém, formas alternativas para inspeções submersas são uma tendência, dentre elas está o uso de um Veículo Operado Remotamente, do inglês Remote Operated Vehicle (ROV), capaz realizar inspeções e ensaios em ambientes subaquáticos. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização de um ROV em inspeções subaquáticas de grades de tomadas d'água de unidades geradoras.

**Palavras chaves:** *Remotely Operated Vehicle* (ROV); Inspeções submersas; segurança de barragens, usinas hidrelétricas.

### INTRODUÇÃO

Segundo o Relatório Anual de Segurança de Barragens de 2019, atualmente no Brasil existem 19.388 barragens (ANA, 2019) cadastradas e são distribuídas em relação ao seu uso principal, entre elas estão irrigação, abastecimento de água, dessedentação animal e 217 barragens são utilizadas para Usinas Hidrelétricas em operação (ANEEL, 2019).

De acordo com a Lei n. 12.334/10, denominada Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), estas devem ser submetidas às inspeções periódicas, em função da sua classificação de risco. A partir das inspeções, são verificadas as

condições de segurança estrutural e operacional das barragens.

Apesar da eficiência dos mergulhadores em inspeções subaquáticas, devido à capacidade de detectar danos, como parafusos soltos, dimensão de fissuras, presença de algas, dentre outros, estes encontram dificuldades para o trabalho em grandes profundidades, sendo necessária a diminuição do tempo de mergulho. Dessa maneira, formas alternativas para inspeções submersas são uma tendência, dentre elas está o uso de um Veículo Operado Remotamente, do inglês *Remote Operated Vehicle* (ROV), capaz de capturar imagens de qualidade sem tempo limite em cada mergulho e ausência de riscos a vida humana. (YU-SHAN, 2012).

Para garantir a segurança do trabalho de mergulhadores, no Japão, em abril de 2015 regulamentou-se que o tempo de mergulho diminuísse, devido a descompressão causada nos mergulhadores, que chegam a profundidades de mais de 40m e que por muito tempo consolidou-se como a melhor forma de inspeção. Além disso, a escassez de mão de obra tornou-se um problema. Em meio à essas condições, Sigimoto, Moriya e Ogasawara (2017) desenvolveram um ROV para atuar em grandes profundidades. Segundo os autores, foi possível observar sinais de deterioração, tais como fissuras e áreas lascadas.

No Brasil há ainda poucos estudos sobre a utilização de ROVs. Thomazella et al (2018) ampliaram a aplicabilidade dos tradicionais sistemas de inspeção que utilizam ROVs ao acoplar a este um sonar, o que contribuiu significativamente para agilizar os procedimentos de inspeção, facilitando a operação do ROV e identificação dos problemas investigados. O equipamento mostrou-se adequado para substituir os atuais procedimentos com grandes vantagens operacionais, com menores custos, e, principalmente, com menores riscos.

Nota-se que o uso de ROVs para a inspeção de estrutura vem aumentando, com estudos desenvolvidos em vários países. A não dependência de mergulhadores para a realização das inspeções, aliado ao desenvolvimento de ferramentas computacionais para o processamento das imagens e dados obtidos tem contribuído para este aumento.

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo analisar o uso de um Veículo Operado Remotamente – ROV (*Remotely Operated Vehicle*) em inspeções subaquáticas nas grades das tomadas d'água das unidades geradoras de uma Usina Hidrelétrica, a fim de avaliar as vantagens e desvantagens do uso deste tipo de equipamento.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

O equipamento foi desenvolvido a partir de um projeto de P&D em cooperação com uma empresa de energia e Unesp – FEB, campus Bauru, no Ciclo 2006/2007 e estendido em segundo projeto com código Aneel 0064-1039/2014, como o título “Desenvolvimento de sistema embarcado e robô subaquático para diagnóstico e monitoramento de falhas em estruturas presentes nos sistemas das UHEs utilizando técnicas não convencionais de processamento”.

O ROV foi desenvolvido com um sistema embarcado, juntamente com câmeras de vídeo e um sonar. Para análise das imagens óticas foi desenvolvido um programa com interface gráfica para visualização funções para o processamento das imagens. Na Figuras 1 mostra-se imagens do equipamento.

Figura 1 - Veículo Operado Remotamente – ROV



Fonte: cedido pela empresa

Para a avaliação do desempenho do ROVs em inspeções de segurança de UHE foram utilizadas as imagens obtidas nas grades das tomadas d'água das unidades geradoras da UHE da empresa de energia. A UHE possui 6 unidades geradoras, cada uma com gradeamento de área igual a  $443\text{m}^2$ , inclinado para a jusante aproximadamente  $10,5^\circ$  com a vertical. As grades possuem 3,47m de largura e 5,32m de altura, com barras com espaçamento de 150mm. Na Figura 2 mostra-se um esquema da UHE

O ROV conta com um sonar acoplado (Sonar Modelo – Teledyne, BlueView M900 -2250 -130) e uma câmera GoPro para a obtenção das imagens das estruturas submersas. Assim, foi possível inspecionar as estruturas de concreto, o guiamento dos trilhos, as estruturas das grades da tomada d'água, e tipo de obstrução acumulada nas grades.

As imagens obtidas foram processadas e exportadas para o AutoCad®, sendo possível fazer o traçado e o cálculo da área obstruída na grade da tomada d'água.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

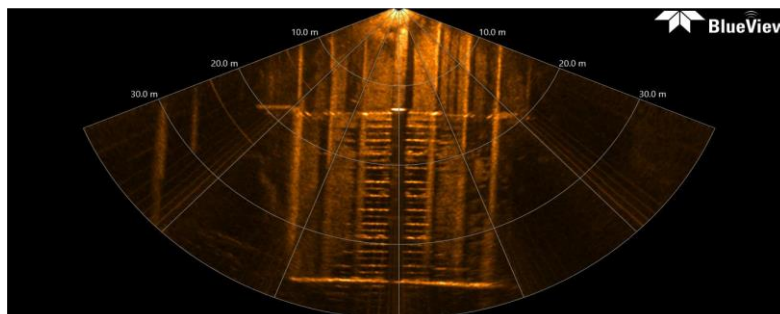
A utilização de ROVs em substituição às inspeções convencionais com equipe de mergulhadores em estruturas hidráulicas submersas, é recente, porém, já é possível identificar algumas vantagens.

A primeira delas diz respeito ao tempo de realização das inspeções. De acordo com as normas, existe um limite de tempo de trabalho de cada de equipe de mergulhador. Assim, seriam necessárias várias equipes, já que cada uma delas conseguem inspecionar no máximo 2 UGs por dia. Com o equipamento, essa mesma inspeção demora de 10 a 15min, além de aproximadamente 30min para sua montagem. Assim, em um dia é possível fazer a inspeção das UGs de uma UHE.

Para que pudesse avaliar o desempenho do ROV, a empresa de energia realizou inspeções de segurança em uma Usina Hidrelétrica (UHE) e utilizou das imagens obtidas nas grades das tomadas d'água de 6 unidades geradoras da UHE, a quais foram disponibilizadas para aa realização desse trabalho. A Figura 2 é uma

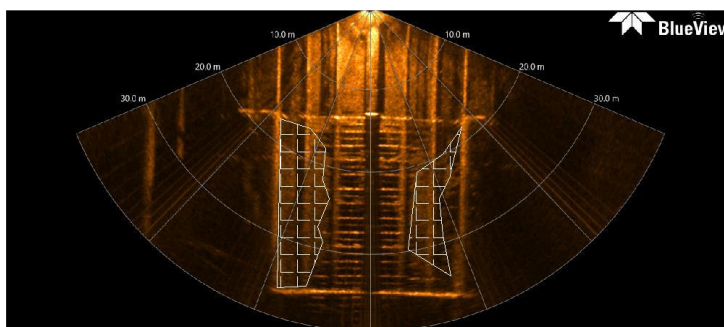
imagem coletada durante a inspeção utilizando o ROV. A Figura 3 está marcada com a delimitação da área obstruída.

Figura 2. Imagem da grade da tomada d'água da UG1



Fonte: cedido pela empresa

Figura 3. Imagem da UG1 com a delimitação da área obstruída



Fonte: cedido pela empresa

A utilização de ROVs em substituição às inspeções convencionais com equipe de mergulhadores em estruturas hidráulicas submersas, é recente, porém, já é possível identificar algumas vantagens, como o tempo de realização das inspeções, a confiabilidade, a segurança e a diminuição de custos, tanto com mão de obra, quanto com as paradas das usinas.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com a Lei n. 12.334/10, denominada Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), em função do nível de segurança de uma barragem, estas devem ser submetidas a inspeções periódicas, para verificar as condições de segurança estrutural e operacional, e em função disso, programar ações de manutenção e prevenção de acidentes.

Atualmente, as inspeções em infraestruturas submersas são realizadas por equipes de mergulhadores, que traz alguns problemas, dentre eles, a dificuldade de encontrar mão de obra capacitada para realização das inspeções, os custos destas, além da exposição dos mergulhadores ao risco de acidentes.

Assim, alternativas como o uso de *Remote Operated Vehicle* (ROV) para

inspeções em estruturas submersas vem aumentando. A não dependência de mergulhadores para a realização das inspeções, aliado ao desenvolvimento de ferramentas computacionais para o processamento das imagens e dados obtidos tem contribuído para este aumento.

Neste trabalho, foi avaliada a utilização do ROV para inspeção nas grades das tomadas d'água das turbinas de uma UHE, que é considerada um ativo crítico em uma UHE já que sua parada implica na não geração de energia. Observou-se que a utilização do ROV em monitoramentos subaquáticos, acoplado a ele câmeras de vídeos e um sonar, permite melhor visualização e processamento das imagens, o que mostra a viabilidade do uso de tal equipamento.

A vantagens apresentadas são a possibilidade de realização das inspeções com tempo menor e sem a paralisação das turbinas, além de diminuir os custos e risco de vida de técnicos, por não serem realizadas por mergulhadores.

## 6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei Federal nº 12.334, de 20 de Setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei 9984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm). Acesso em outubro de 2019.

Agência Nacional das Águas – ANA. **Relatório de Segurança de Barragens – 2019**  
<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2019/rsb19-v0.pdf>. Acesso em julho de 2020.

SUGIMOTO, H.; MORIYA, Y.; OGASAWARA, T. **Underwater Survey System of Dam Embankment by Remotely Operated Vehicle**. 2017.Japão

THOMAZELLA, R. et al. Sistema de Diagnóstico para Detecção de Falhas Estruturais em Turbinas Hidráulicas Utilizando Deep Learning. In: **XXXVIII International Sodebras Congress**, 2017, Florianópolis. *Anais...*Florianópolis: SODEBRAS, 2018. p. 157-161.

## 7. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo fomento da pesquisa proporcionado durante o tempo de elaboração deste relatório e do artigo publicado (PIBIC/CNPq).

À concessionária de energia elétrica que disponibilizou as imagens para a elaboração deste trabalho.

À Profª Drª Laura Maria Canno Ferreira Fais, pelo empenho, dedicação e amizade desde o início do projeto.