

# MAPEAMENTO DE AMBIENTES SUBAQUÁTICOS COM SONARES DE ESCANEAMENTO MECÂNICO USANDO A PLATAFORMA ROS

Leonardo Almeida Jacobina Mesquita<sup>1</sup>; Oberdan Rocha Pinheiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bolsista; Projetos PD&I; ajm.leonardo@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutor; Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; oberdan.pinheiro@fieb.org.br

## RESUMO

Ambientes subaquáticos possuem grande potencial para descoberta e extração de recursos, além de abrigar cabeados de comunicação, são bastante importantes para o setor de defesa naval de um país como o Brasil. Mesmo se tratando de um ambiente promissor para diversos setores da indústria, existe grandes dificuldades em explorar este território. Uma das formas mais confiáveis para geração de imagens, em ambientes subaquáticos, é usando sonares. Nesta produção, é apresentada a pesquisa de um método de mapeamento de ambientes subaquáticos, cujo objetivo é entregar uma nuvem de pontos tridimensional do ambiente desejado, usando plataforma ROS e um sonar de escaneamento mecânico. Testes foram feitos, com o módulo, em um ambiente controlado e os resultados mostram a viabilidade do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mapeamento, subaquático, sonar.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de sistemas robóticos subaquáticos tem crescido consideravelmente nos últimos anos, devido à complexidade e os riscos envolvidos nas missões de alta profundidade. Algumas empresas têm investido muitos recursos para descobrir novas fontes de petróleo, mapear terrenos ou dar manutenção em estruturas. Usualmente, as missões de inspeção e mapeamento subaquáticas costumam consumir bastante tempo e apresentam grandes riscos para os mergulhadores, além de gastar muitos recursos.<sup>1</sup>

Tradicionalmente, os meios de inspeção náutica contaram com o uso de mergulhadores ou veículos submarinos operados remotamente (*Remotely Operated Underwater Vehicle – ROV*) equipados com câmeras ou sonares do tipo *forward-looking* ou do tipo *ranging*.<sup>2</sup> Os sonares do tipo *forward-looking* conseguem gerar imagens se forem direcionados ao cenário desejado. Os sonares do tipo *ranging* precisam ser direcionados e girados para formarem a imagem completa, precisando de dispositivos mecânicos para os auxiliarem.

Os sistemas que usam a inspeção visual subaquática podem funcionar bem, a depender das condições, mas o problema com o uso de câmeras surge devido à baixa visibilidade em altas profundezas e à necessidade de calibração das câmeras.<sup>3</sup> Na maioria das aplicações, o sonar, costuma ser o método mais usado, pois as imagens geradas são provenientes da reflexão de ondas sonoras e não dependem da iluminação.

Nesta pesquisa aplicada, foi desenvolvido um modelo de mapeamento de ambientes subaquáticos para sonares de escaneamento mecânico para a plataforma ROS (*Robot Operating System – ROS*). O desenvolvimento para a plataforma aberta do ROS é importante pois, quando um sonar é adquirido, geralmente, a única forma de se comunicar com ele ou configurá-lo é através de um *software* especializado do fabricante. O *software* do fabricante sempre possui limitações de uso, seja por ser feito para apenas um sistema operacional específico ou por não permitir que dados sejam exportados, tornando difícil o desenvolvimento de robôs que usem diferentes sistemas operacionais ou que precisam trocar dados com o sonar.

O desenvolvimento deste sistema de mapeamento para a plataforma ROS é importante, pois permite que os sonares possam ser usados no sistema operacional Linux, e permite também que os dados gerados pelo sonar possam ser exportados para serem usados com outros algoritmos e sensores.

O modelo foi desenvolvido com base em algoritmos de montagem de nuvem de pontos para lasers.<sup>4</sup> Como forma de testar o modelo, um mapeamento de teste foi feito em uma piscina, usando o sonar MB-1350 da Blueview, sendo este um sonar do tipo *ranging* ou *profiler*, que precisa de um dispositivo mecânico com dois graus de liberdade (*Pan & Tilt*) para mover o sonar e escanear o ambiente em questão.

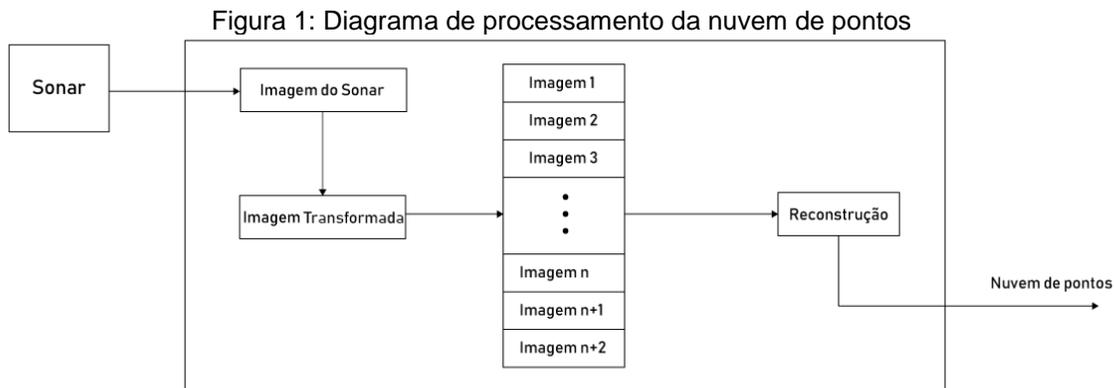
O resultado final foi obtido na forma de uma nuvem de pontos (*pointcloud*) e pode ser vista na Seção 3.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho relata uma pesquisa aplicada, onde primeiro, foram analisados os manuais e guias técnicos, disponíveis para o sonar, que ajudaram na escolha apropriada das ferramentas, assim como base para estimar parâmetros e o resultado esperado da reconstrução. Também se buscou artigos publicados que tratam do problema de mapeamento subaquático usando sonares de escaneamento mecânico similares. Os artigos serviram como referência para o modelo matemático empregado na construção dos algoritmos.

Para a construção do modelo, o dispositivo mecânico foi usado de forma assíncrona, apenas para girar o sonar enquanto ele coleta várias imagens do ambiente e as junta em uma reconstrução final. A Figura 1 mostra o diagrama de reconstrução da nuvem de pontos a partir dos dados do sonar. Primeiro, a imagem do sonar é obtida, depois essa imagem é transformada para ter o mesmo enquadramento de referência espacial que o sonar. Esta transformação é necessária, pois a imagem precisa ser girada junto com o sonar.

Após a transformação, as imagens são armazenadas, até o fim da rotação mecânica, em que todas as imagens são unidas em uma única nuvem de pontos na forma de uma reconstrução tridimensional.<sup>4</sup>



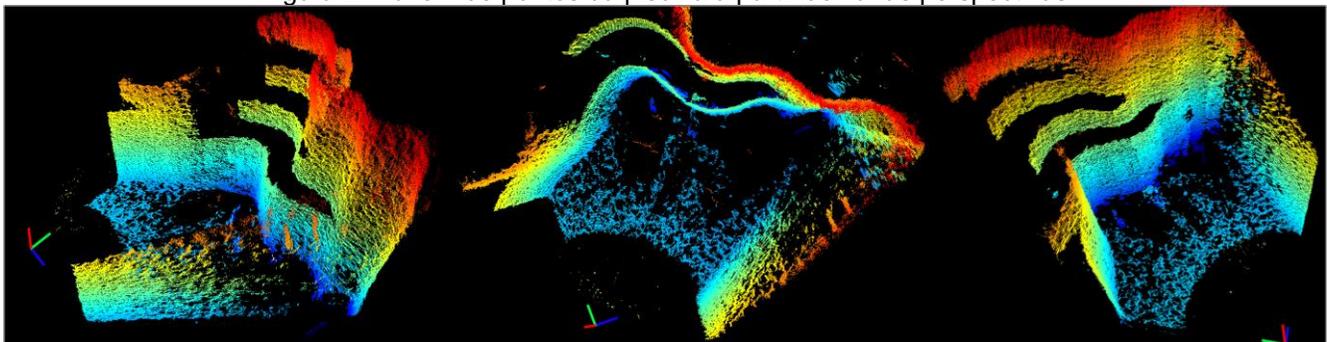
Após implementado o módulo de escaneamento, na plataforma ROS, foram feitos testes em campo para validar a funcionalidade do código. Além de testar a funcionalidade, os testes serviram para redefinir parâmetros, e obter dados sobre as condições de operação do sonar. O módulo foi validado após a inspeção dos resultados obtidos e dos parâmetros de qualidade, como relações de distância, ruído, ângulos de mapeamento e densidade de pontos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram coletados no fundo de piscina de 1,5 m de profundidade, que serviu como ambiente controlado, já que, para o funcionamento apropriado do sonar, ele precisa estar inserido em um ambiente que atenda aos requisitos de dimensões mínimas, que variam de acordo com o sonar. Neste caso, em específico, o ambiente precisava de um raio mínimo de 1 metro de distância de qualquer objeto sólido, no sentido de varredura do sonar, para evitar eco e ruído excessivo.

A Figura 2 mostra três imagens, de perspectivas diferentes, de uma seção da piscina mapeada. A posição do sonar está marcada pelas linhas coloridas com os eixos x, y e z. As perspectivas em questão estão em visão lateral direita, visão de cima e visão lateral esquerda. A cor dos pontos são indicativos da sua altura relativa ao fundo da piscina, onde azul é a altura mais baixa e vermelho a mais alta.

Figura 2: Nuvem de pontos da piscina a partir de várias perspectivas



O escaneamento foi feito a uma velocidade de um grau por segundo, a uma taxa de amostragem de 10 Hz, em um ângulo de 90° a partir da marcação da posição do sonar. Entre a posição do sonar e a concentração de pontos, existe uma área sem pontos, devido à distância mínima, de um metro, em que o sonar pode enxergar. O ruído visto nas imagens é comum e esperado em imagens obtidas de sonares. O ruído pode ser visto como pontos esparsos fora da superfície da piscina.

As figuras mostram que o sonar foi capaz de reproduzir o ambiente escaneado com fidelidade e a resolução obtida nas imagens é coerente com os resultados obtidos em outros trabalhos.<sup>5</sup> Considerando imagens geradas a partir de sonares, a resolução pode ser considerada alta para imagens obtidas sem o uso de técnicas complexas de pós-processamento.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos na Secção 3, é possível considerar que o objetivo de fornecer um sistema para mapeamento de ambientes subaquáticos, para o ambiente ROS foi atingido. As imagens foram revisadas por terceiros e julgadas adequadas aos requisitos esperados a partir da literatura usada.

Como o sistema foi capaz de mapear a superfície de uma piscina, também é possível extrapolar que seu funcionamento seja similar em ambientes subaquáticos com água salina e que o sistema possa gerar nuvens de pontos bem definidas de objetos e estruturas em missões mapeamento e inspeção.

Caso exista a necessidade de melhorar a resolução das imagens adquiridas, é possível aplicar técnicas avançadas de pós-processamento como *Synthetic Aperture Sonar (SAS)*, que é capaz de aumentar a resolução em até uma ordem de magnitude.<sup>6</sup>

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> SILVA, Gabriel Alcantara Costa. **Underwater localization using imaging sonars in 3D environments**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
- <sup>2</sup> HE, Bo e col. **AUV SLAM and experiments using a mechanical scanning forward-looking sonar**. IEEE Sensors n. 12(7), p. 9386-9410, 2012.
- <sup>3</sup> WIRTH, Stephan e col. **Visual odometry for autonomous underwater vehicles**. MTS/IEEE OCEANS-Bergen, p. 1-6, 2013.
- <sup>4</sup> WANG, Rui e col. **A laser scanning data acquisition and display system based on ROS**. Chinese Control Conference, n. 33, p. 8433-8437, 2014.
- <sup>5</sup> COIRAS, Enrique e col. **Multiresolution 3-D reconstruction from side-scan sonar images**. IEEE Transactions on Image Processing n. 16(2), p. 382-390, 2007.
- <sup>6</sup> HAYES, Michael P., e PETER Gough T. **Synthetic aperture sonar: A review of current status**. IEEE Journal of Oceanic Engineering n. 34(3), p. 207-224, 2009.