

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Estudo da Arte

ROVs com Operações Autônomas

Apresentada por: Matheus Anselmo

Orientado por: Prof. Marco Reis, M.Eng.

Dezembro de 2021

Matheus Anselmo

ROVs com Operações Autônomas

Salvador
Centro Universitário SENAI CIMATEC
2020

Resumo

Este material descreve o estado da arte na área de veículos operados remotamente que podem aplicar tarefas autônomas. Um breve em a introdução é dada sobre o uso de ROVs em diferentes aplicações. As principais características desses veículos são mostradas e discutidas. São apresentados alguns exemplos de ROVs, principalmente os que devem executar tarefas autônomas. Serão discutidas estratégias e arquiteturas que já estão implementadas para fazer rov operar de forma autônoma, seguidas de Algumas ferramentas e que podem ajudar esses veículos a executar suas respectivas missões. Este material conclui com as principais vantagens de um veículo que antes foi projetado para operar teleoperado ser capaz de executar tarefas autônomas.

Palavras-chave: Palavra-chave 1, Palavra-chave 2, Palavra-chave 3, Palavra-chave 4, Palavra-chave 5

Abstract

This material teaches the state of the art in the field of remotely operated vehicles that can apply autonomous tasks. a soon in an introduction is given on the use of ROVs in different applications. The main vehicle features are shown and discussed. These are some examples of ROVs, especially those that must perform autonomous tasks. Architectures that are already implemented to make rovs operate autonomously will be discussed, followed by Some tools that can help these vehicles to execute their execution missions. This material concludes with the main advantages of a vehicle that was previously designed to operate by teleoperator being able to perform autonomous tasks.

Keywords: Keyword 1, Keyword 2, Keyword 3, Keyword 4, Keyword 5

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivo	1
1.2	Justificativa	2
1.3	Organização do documento	2
2	Ambiente de Desenvolvimento	3
2.1	Ambientalização	3
2.2	Mercado de Atuação dos ROVs	3
2.3	Situação Atual do desenvolvimento	4
3	Metodologia	5
3.1	Metódo Bill	5
4	Resultados	7
4.1	Robôs Subaquáticos	7
4.1.1	Modelos de ROVs	7
4.1.1.1	BlueROV2	7
4.1.1.2	Freedom ROV	8
4.1.1.3	SEASCAN MK2	8
4.1.1.4	Aquanaut ROV	9
4.1.2	Considerações na Modelagem	10
4.1.3	Sensores	10
4.1.4	Controle	11
4.1.5	Atuação	11
4.1.6	Arquitetura de Operação	11
4.2	Revisão bibliográfica	12
4.2.1	Rede de Citação	12
4.2.2	Principais autores	12
4.3	Mapa CONceitual	12
5	Conclusão	13
5.1	Considerações finais	13
A	Diagramas mecânicos	14
B	Diagramas eletro-eletrônicos	15
	Referências	16

Lista de Figuras

3.1	Método Bili	6
4.1	BlueROV2	8
4.2	Freedom ROV	8
4.3	SEASCAN MK2	9
4.4	Aquanaut em formato para realizar operações autônomas	9
4.5	Aquant em formato para teleoperação	10

Lista de Tabelas

Introdução

A necessidade de realizar intervenção em ambientes submersos orirunda de desejos humanos resultou em diversas aplicações. As intervenções possuem diversos objetivos, parte considerável são voltados para fins insdustriais, ao exemplo do ramos destinados a área petrolofifera. De acordo com (BOGUE, 2019), uma aplicação que começou a ser implementada e desenvolvida, primeiramente pelas marininha Americana e Britânica, nas décadas de 50 e 60 do século XX foi o uso dos veiculos submarinos remotamente teleoperados - ROV.

Inciamente, os principais objetivo destes veículos eram voltadas para operações milatares. Hoje, Grande grupos industrias que possuem produções petrolofifesa, em area subemersas, utilizam rovs para este em suas operações principiamente para realizar ações voltados para manutenção e inspeção.

Para grande parte das ações, os rovs precisam de pelo menos um operador para executar as suas tarefas. Os comandos que são, comunalmente, gerados pelo operador através do uso de jotystick. A Teleoperação dos ROVS são custosas, devido a necessidade de profissional bem treinado e capacitado. Atualmente, alguns Rovs, devido os avanços das técnicas de automação e sensoriameto, já possuem capacidade de realizar alguma tarefas de forma autonomas.

Tornar um ROV com capacidades de executar ações autônomas resultar em custo menores nas operações, pois não há a necessidade da presença de um profissional na tarefa que foi automatizada, ao exemplo no uso de manipuladores em para atuar na manutenção de tubulações. Uma outra vantagem que pode ser atribuidos para os rovs com uma operabilidade parcilamente autonoma é o aumento da quantidade e qualiadaes das aplicações.

1.1 Objetivo

Este estudo da arte tem como objetivo discutir aplicações, estruturas, arquiteturas e estratégias de Veículo subaquático operado remotamente que possuem capacidades de executar autônomas.

1.2 *Justificativa*

Vários veículos subaquáticos operado remotamente dependem exclusivamente de operadores humanos. Um estudo sobre a aplicação de algumas das tarefas pode indicar como alguns destes veículos podem ser ganhar a capacidade de executar algumas tarefas de forma autônoma que pode reduzir o custo de operações e aumentar a qualidade das operações. Uma vez que o uso e a quantidade de aplicação de robôs submarinos estão crescendo e isso é refletido no crescimento do mercado destinado a este segmento, assim, como informar ([FINACES, 2021](#)).

1.3 *Organização do documento*

Este documento apresenta 5 capítulos e está estruturado da seguinte forma:

- **Capítulo 1 - Introdução:** Contextualiza o âmbito, no qual a pesquisa proposta está inserida. Apresenta, portanto, a definição do problema, objetivos e justificativas da pesquisa e como este estudo da arte está estruturado;
- **Capítulo 2 - Ambiente de Desenvolvimento:** Discute a ambientalização, a situação atual dos ROVs e o mercado de atuação;
- **Capítulo 3 - Metodologia:** Apresenta os métodos e materiais que foram utilizados para compor este estudo da arte;
- **Capítulo 4 - Estudo do estado da Arte:** demonstra o resultado do estudo da arte que foi executado;
- **Capítulo 5 - Conclusão:** Apresenta as conclusões, contribuições e algumas sugestões de atividades de pesquisa a serem desenvolvidas no futuro.

Ambiente de Desenvolvimento

Este capítulo tem como foco apresentar os ambientes que os ROVs costumam ser utilizados, o mercado de atuação e posteriormente a situação atual no desenvolvimento destes veículos.

2.1 Ambientalização

Os ROVs comunalmente são designados para atuar em ambiente marinhos onde há presença de unidades dedicadas a exploração petrolífera e gás. O alcance da profundidade varia bastante, alguns ROVs são projetados para atuar até 100 m, profundidade média, enquanto outros podem chegar até 1000 m abaixo do nível do mar. Outros ambientes, onde há presença de ROVs, são lagos e rios, nestes locais o uso são dedicados a fins ambientais e inspeções de embarcações, assim como informa ([DUNN, 2021](#)).

2.2 Mercado de Atuação dos ROVs

De acordo com ([BOGUE, 2019](#)), exploração petrolífera submarina oferece grandes riscos para operadores. A manutenção e inspeção de estruturas submarinas podem oferecer uma grande fonte de risco para os profissionais que as realizam. O uso de robôs nestes campos ainda é fraco, mas deve apresentar um crescimento considerável nos próximos anos assim como afirma ([FINACES, 2021](#)) que aponta que o mercado de ROV, juntamente com de AUV, deve atingir um mercado de US\$ 7.2 bilhões em 2026. Além de retirar a presença humana de ambientes insalubres, o uso de ROVs também tende a diminuir os custos das operações.

Usando os apontamentos de ([BOGUE, 2008](#)), outras aplicações dos ROVs podem ser voltadas para fins militares, ambientais e de pesquisa. Uma atuação que os ROVs devem estar presente fortemente é o deep-sea mining. Em profundas regiões submersas há uma forte presença de metais que são raros em locais do planeta. O uso de ROVs são fortes candidatos a realizar as explorações de mineração nestes locais. Segundo ([BOGUE, 2008](#)), Canadian Nautilus Minerals e American Neptune Minerals são companhias de mineração que estão dedicando investimento para este ramo.

2.3 Situação Atual do desenvolvimento

Nos últimos anos houve um grande desenvolvimento de robôs submarinos. A variedade estrutural dos robôs aumentaram, várias ações dos rovs passaram a ser automatizada e houve o surgimento de veículos subaquáticos completamente autônomo. Um excelente exemplo é o FLATFISH, que além de sua capacidade de realizar tarefas sem nenhuma interferência humana, é capaz de ficar alocado no fundo mar por 6 meses de operação. Para os ROVs, há uma grande quantidade de pesquisa e desenvolvimento para tornar este veículo cada vez mais autônomo.

Metodologia

Nesta capítulo será descrito os procedimento, com os materias e métodos, para a realização do estudo do esuto da arte de ROVs que realizam ações de forma autonoma.

O metodo usado para alcançar o objetivo deste material foi o método BILI que consiste em executar uma busca otmizada de publicações sobre temas especificos.

3.1 *Metódo Bill*

O Método BiLi usa bibliotecas que estão presente na liguagem de progamação R, a plataforma Mendely e a ferramenta cmpatools. A Figura [3.1](#) demostra um fluxograma que representa a aplicação do Metodo Bili. ANas próximas sessões serão apresentadas cada etapa deste método.

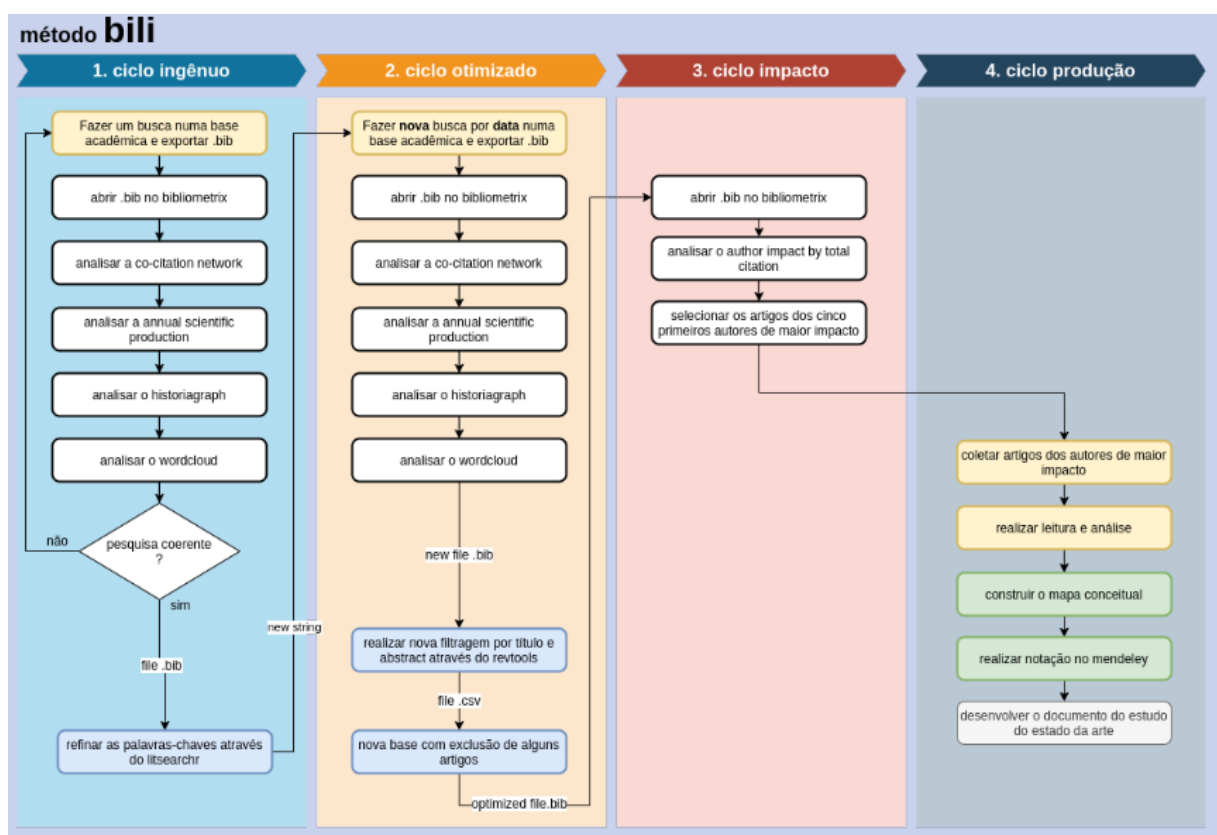


Figura 3.1: Método Bili

Resultados

Importante sempre ter um parágrafo introdutório para explicar os resultados encontrados. De acordo com (BOGUE, 2019), Robôs Subaquáticos são importantes na exploração petroel, militar e monitoramento de ambiente. Estes robôs podem ser classificados em duas categorias diante do modo de operação. Os robôs que dependem de alguma intervenção humana, principalmente pela teleoperação, são classificados como remotely operated vehicles (ROVs)

4.1 Robôs Subaquáticos

Segundo (LUDVIGSEN; SØRENSEN, 2016), os ROVs são veículos Subaquáticos que possuem um cabo para realizar comunicação e receber energia elétrica de alguma embarcação ou plataforma. Os ROVs podem ser classificados em três categorias: Eyeball ROV, Observation ROV e Work class ROV. Eyeball ROV, que tem como um dos principais elementos uma câmera, são empregados geralmente para águas rasas, já os Observation ROV possui um tamanho maior e podem receber a implementação de manipuladores. Os Work class ROV são maiores, podem alcançar algumas toneladas e possuir habilidades de posicionamento dinâmico.

4.1.1 Modelos de ROVs

Existem vários modelos de robôs submarinos. O formato destes veículos podem ser em função de diversas considerações: local de atuação, profundidade onde as atividades serão executadas, suporte para a presença de braços manipuladores subaquático.

4.1.1.1 BlueROV2

O BlueROV2, representado na Figura 4.1, é desenvolvido pela Blue robotics, uma companhia americana especializada em robô submarinos. Assim como informa (BLUEROBOTICS, 2021), este veículo é destinado para realizar inspeções e pesquisas. O alcance de profundidade é de 100 m. 6 thrusters são responsáveis pela atuação, 4 lâmpadas, também há versões com 6, e uma câmera HD coletar os dados visuais. Além destas configurações,

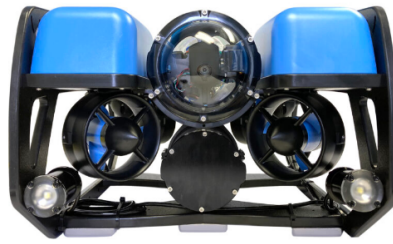


Figura 4.1: BlueROV2



Figura 4.2: Freedom ROV

outros itens pode ser adicionados ao exemplo de gripper, para realizar aconrragem, e sonares, para medição de profundidade e escaneamento. Um ponto importante do BlueROV2 é o fato de ROV ser opensource, que permiti de várias modificações e dominio dos eventuais usuário.

4.1.1.2 *Freedom ROV*

O Freedom ROV, apresentado na Figura 4.2, é desenvolvido pela comphania OCEANEERING, dentêm uma como a principal características ter modos de operações híbridas. Segundo (BOGUE, 2019), Freedom pode operar sem intermédio de ações humanas, com ou sem a presença de cabos de comunicação. Este veículo também capacidade de realizar *subsea residence*, que é capacidade dos robôs ficarem alocadod no mar por um perido longo, neste caso seis meses. Durante o periodo de residência submarina, o Freedom ROV realizar o recarregamento de energia em estações de docagem submersas.

4.1.1.3 *SEASCAN MK2*

A ECA GROUP, uma companhia franceza especializada em desenvolver veículos marinhos e submarinos, desenvolveu um o ROV SEASCAN MK2, representado na Figura 4.3. Este robô é tem uma forma de torpedo. De acordo com (GROUP, 2021), O SEASCAN é um veículo leve e pode ser usado para inspeções, identificação de minas e para missões com fins ambientais. Cabos umbilicais não são usados para nem para cominicação e nem para

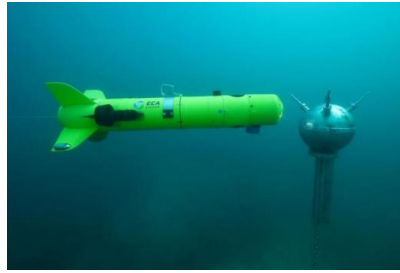


Figura 4.3: SEASCAN MK2



Figura 4.4: Aquanaut em formato para realizar operações autônomas

alimentação. Uma bateria recarregável é a fonte de alimentação deste robô.

Também é apontado por ([GROUP, 2021](#)) que o SEASCAN MK2 também pode realizar algumas duas tarefas autônomas. Uma é dedicada para realizar posicionamento diante a profundidade do veículo, a outra é focada em automatizar o caminho do veículo a alcançar uma area específica.

4.1.1.4 *Aquanaut ROV*

O Aquanaut ROV um é veículo, de acordo ([BOGUE, 2019](#)), que além de possuir operação híbrida, autônomo e teleoperado., também não possui um formato único. O Aquanaut ROV possui dois formatos de operação, um para o modo autônomo, e outro para realizar teleoperação. A Figura ?? representa o Aquanaut na forma autônoma e a Figura ?? é o formato que o Aquanaut adquire ao passar para a atuação teleoperado.

O modo de atuação autônoma é realizada até o robô atingir o momento de realizar as atividades destinadas ao trabalhos com manipuladores. Para atuar de forma com os manipuladores, o Aquanaut mudar de formato e sua atuação passar a ser completamente por fins de teleoperação, em outras palavras há uma necessidade de presença humana na operação.



Figura 4.5: Aquant em formato para teleoperação

4.1.2 Considerações na Modelagem

Esta seção aborda os principais elementos e considerações para modelagens de ROVs.

Assim como quase todos robôs móveis podem estar posicionado em relação a uma referência, a posição de um robô subaquático pode ser representando, de acordo com (ANTONELLI; FOSSEN; YOERGER, 2008), diante a sua posição e orientação. Diante a um Frame fixo de referência, é possível obter a posição, usando técnicas de sensoriamento, de um veículo submerso que comunalmente representando como vetor.

Para representar a rotação dos veículos diante ao mesmo frame pode usar o vetor que é a representação de roll, pitch e yaw.

A seguinte tabela apresenta os movimentos dos veículos Subaquáticos em relação ao destes. Esta tabela esta de acordo que demonstrado em (??, Antonelli) Estes movimentos, surge, sway e heave, também são usados navegações marinhas. Para acompanhar os movimentos dos ROVs sensores são comunalmente implementados nas estruturas destes.

4.1.3 Sensores

A presença de sensores em um sistema pode permiti a obtenção de dados de vários. A medida dos sensores podem ser direcionados para a própria dinâmica de um sistema, neste caso um ROV, e o ambiente no qual este realizar suas ações. Assim como classifica (LUDVIGSEN; SØRENSEN, 2016), os sensores de um ROV pode distinguindo em dois grupos: *payload sensors* e *navigations sensor*. Os *payload sensors* são unidades de medidas destinados a coletar dados do ambiente, alguns exemplos destes sensores são: sensores CTD, destinados a mensurar a condutividades, temperatura e profundidade, sensores ADCP-Acoustic Doppler Current Profiler- são usados para mensurar a velocidade das correntes e câmeras para obter dados visuais.

Os navigation sensors são implementados com o foco na navegação do veículo, logo dados sobre a posição, orientação e velocidade são os principais alvos a serem mensurados. Os navigation sensors mais comuns são: sensores de pressão, (DVL) mede o deslocamento Doppler no sinal de entrada refletido no fundo do mar para obter os dados da velocidade linear e sensores de inércia. Câmeras também podem ser usadas para obter dados da posição de veículos, assim como foi demonstrado por (MYINT et al., 2016), no qual foi utilizado duas câmeras para realizar um acompanhamento da posição de ROV. Os dados dos sensores podem ser usados para o monitoramento e para as ações de controle.

4.1.4 Controle

Para os ROVs, grande parte do objetivo do controle é focado na movimentação. A aplicação de controle linear

4.1.5 Atuação

4.1.6 Arquitetura de Operação

Há diversas formas que as arquiteturas de operação diante do nível de autonomia dos ROVs podem ser implementados. Uma comum é quando um humano é responsável 100% das atuações do veículo, em outras palavras, é aplicado um controle 100% manual. O operador, neste caso costuma ser um bastante habilidoso, comumente usa uma vídeo câmera para estimar a posição do veículo no ambiente.

Uma arquitetura, segundo (TERVO et al., 2009), é *Human in the Loop* - HITL- que é realizado considerando a arquitetura *Human Centered Automation* - HCA. Nesta arquitetura o operador humano realizar algumas tarefas do sistema de controle, ao exemplo de selecionar de qual modo de ação de movimento o veículo deve realizar. Alguns exemplos dos modos de ação o controle de profundidade, heading e seguir tubulações.

Outros tipos de operações são apontadas por (LUDVIGSEN; SØRENSEN, 2016): *Automatic Operation*, *Management by consent*, *Semi-autonomous or management by exception* e *Highly autonomous*. O primeiro, *Automatic Operation*, possui características semelhante ao *human in the loop* e o segundo, *Management by consent* é basicamente uma teleoperação. O *Semi-autonomous or management by exception* é montado para o sistema executar automaticamente as funções relacionadas à missão quando os tempos de resposta são muito curtos para intervenção humana. Quando não há necessidade de um operador realizar nenhuma intervenção sobre o veículo, o tipo de operação é considerada *Highly autonomous*.

Esta última classificação esta mais proxima das condicções necessarios para um veículo submarino ser considerado um AUV. As estruturas de operação podem variar em função das atividades que os ROVs realizam e também considera os modelos destes.

4.2 Revisão bibliográfica

4.2.1 Rede de Citação

4.2.2 Principais autores

4.3 Mapa COnceitual

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Conclusão

Chegou a hora de apresentar o apanhado geral sobre o trabalho de pesquisa feito, no qual são sintetizadas uma série de reflexões sobre a metodologia usada, sobre os achados e resultados obtidos, sobre a confirmação ou rechaço da hipótese estabelecida e sobre outros aspectos da pesquisa que são importantes para validar o trabalho. Recomenda-se não citar outros autores, pois a conclusão é do pesquisador. Porém, caso necessário, convém citá-lo(s) nesta parte e não na seção seguinte chamada **Conclusões**.

5.1 Considerações finais

Brevemente comentada no texto acima, nesta seção o pesquisador (i.e. autor principal do trabalho científico) deve apresentar sua opinião com respeito à pesquisa e suas implicações. Descrever os impactos (i.e. tecnológicos, sociais, econômicos, culturais, ambientais, políticos, etc.) que a pesquisa causa. Não se recomenda citar outros autores.

Diagramas mecânicos

Diagramas eletro-eletrônicos

Referências

- ANTONELLI, G.; FOSSEN, T.; YOERGER, D. Underwater robotics. In: _____. [S.l.: s.n.], 2008. v. 1, p. 987–1008. Citado na página 4.1.2.
- BLUEROBOTICS. *BlueROV2*. 2021. <<https://bluerobotics.com/store/rov/bluerov2>>. Accessed: 2021-11-26. Citado na página 4.1.1.1.
- BOGUE, R. Cutting robots: A review of technologies and applications. *Industrial Robot-an International Journal - IND ROBOT*, v. 35, p. 390–396, 08 2008. Citado na página 2.2.
- BOGUE, R. Robots in the offshore oil and gas industries: a review of recent developments. *Industrial Robot: the international journal of robotics research and application*, ahead-of-print, 11 2019. Citado 5 vezes nas páginas 1, 2.2, 4.1, 4.1.1.2, and 4.1.1.4.
- DUNN, J. *New technology makes it easier to inspect boats – and explore Lake George*. 2021. <<https://cbs6albany.com/community/positively-upstate/new-technology-makes-it-easier-to-inspect-boats-and-explore-lake-george>>. Accessed: 2021-12-01. Citado na página 2.1.
- FINACES, Y. *Global Offshore AUV and ROV Market to Reach 7.2Billionby2026*. 2021. <>. Accessed: 2021-11-26. Citado 2 vezes nas páginas 1.2 and 2.2.
- GROUP, E. *SEASCAN MK2*. 2021. <<https://www.ecagroup.com/en/solutions/seascan-mk2>>. Accessed: 2021-11-30. Citado na página 4.1.1.3.
- LUDVIGSEN, M.; SØRENSEN, A. Towards integrated autonomous underwater operations for ocean mapping and monitoring. *Annual Reviews in Control*, v. 42, p. 145–157, 01 2016. Citado 3 vezes nas páginas 4.1, 4.1.3, and 4.1.6.
- MYINT, M. et al. Visual servoing for underwater vehicle using dual-eyes evolutionary real-time pose tracking. *Journal of Robotics and Mechatronics*, v. 28, p. 543–558, 08 2016. Citado na página 4.1.3.
- TERVO, K. et al. Wireless joystick control for human adaptive mechatronics applications: Case trolley crane. In: . [S.l.: s.n.], 2009. p. 19 – 24. Citado na página 4.1.6.

ROVs com Operações Autônomas

Matheus Anselmo

Salvador, Dezembro de 2021.