

Segundo Biazon (2017), os oceanos representam cerca de 70% da superfície terrestre na atualidade, mas apesar da sua vasta ocupação, somente 5% do território oceânico é conhecido pelo ser humano. A lacuna de conhecimento gera uma crescente demanda na indústria por recursos encontrados *offshore*, como petróleo, recursos minerais (óleos, gás e metais) e biodiversidades.

A indústria apresenta uma crescente expansão em relação ao oceano. No relatório anual de sustentabilidade 2024 da Petrobras (PETROBRAS, 2024) é relatado que 98% da produção do ano de 2024 veio de águas profundas ou ultraprofundas. Esse cenário de exploração crescente cria uma demanda cada vez maior por tecnologias e mão de obra especializada.

Mergulhadores profissionais são uma mão de obra especializada amplamente utilizada na indústria para trabalhos *offshore*, seja para manutenção ou instalação de equipamentos. Segundo (OSHA, 2023), a organização de trabalho americana, os perigos enfrentados por profissionais do mergulho incluem afogamento, riscos respiratórios e cardiovasculares, hipotermia e riscos físicos devido ao manuseio de equipamentos pesados embaixo d'água, além dos riscos relacionados à descompressão e possíveis acidentes causados pelo ambiente de alto risco e nível elevado de estresse.

Dessa maneira, a indústria está constantemente em busca de melhorar a segurança no trabalho. Dentro desse contexto surgem os ROVs (*Remotely Operated Vehicles*), sendo esses uma alternativa estratégica para retirar o trabalhador de uma zona iminente de perigo.

ROVs são veículos subaquáticos que variam de tamanho, podendo ser de maior ou menor porte, e possuem a capacidade de se autopropelir abaixo da superfície da água, podendo, em alguns casos, também operar na superfície da água, dependendo de seu projeto e aplicação. Por serem veículos remotamente operados, podem ser utilizados em aplicações em alta profundidade de forma mais segura por não precisarem da presença de um ser humano na área de perigo.

Ao tirar o ser humano da zona de perigo são reduzidos os riscos fatais, além de oferecer vantagens operacionais como a possibilidade de um trabalho submerso contínuo e prolongado.

Apesar de a utilização de ROVs ser vantajosa e funcional, a operação desses veículos é um desafio devido às perturbações geradas pelos oceanos, que contam com correntes marítimas imprevisíveis, baixa visibilidade, entre outras adversidades.

Assim, para lidar com as adversidades enfrentadas no ambiente subaquático, os ROVs necessitam de sistemas de controle capazes de compensar os ruídos gerados pelas perturbações ambientais, garantindo estabilidade, navegação autônoma e execução adequada das atividades para as quais foram projetados. Dessa forma, diversas técnicas de controle foram desenvolvidas, variando desde a modelagem do sistema até a utilização de inteligência artificial.

Em (XU; WANG, 2018) são citados alguns tipos de controladores, entre eles, o controlador PID, caracterizado por ser um controlador simples e amplamente utilizado, é um controle de resposta de velocidade, com efeito linear. Apesar de ser amplamente utilizado, não é o ideal para processos complexos e não lineares ou variantes no tempo.

As redes neurais também são apontadas como um possível controlador para um ROV, sendo essas caracterizadas por serem capazes de aproximar qualquer função não linear na teoria. Apresentam uma alta capacidade de processamento paralelo, o que gera uma grande tolerância a falhas e eficiência no tratamento de múltiplos sinais de entrada e saída.

Apesar das inúmeras vantagens, é necessário ter cautela, pois há a tendência de convergir para mínimos locais, além de sofrer com a lentidão na aprendizagem, limitação no número de camadas e riscos de *overfitting*. A limitação de camadas acontece quando a rede neural tem poucas camadas, o que impede que a mesma aprenda padrões complexos. Já o *overfitting* ocorre quando uma rede neural é treinada de forma excessiva ou por tempo prolongado, causando que

a mesma decore os dados do teste, indo muito bem nos testes, mas apresentando resultados ruins com novos dados.

Por último é mencionado, em Xu e Wang (2018), o controlador *fuzzy*, caracterizado por sua independência de uma modelagem matemática exata do objeto de controle, tendo sua essência em estratégias de autocontrole.

Segundo Christ e Wernli Sr (2013), o sistema de propulsão impacta diretamente no design de um ROV, impactando assim nos tipos de *thrusters* escolhidos e na configuração dos mesmos. *Thrusters* são dispositivos responsáveis por impulsionar a embarcação, ou seja, são os propulsores que garantem sua movimentação.

Um dos desafios enfrentados por veículos que utilizam *thrusters* é a possibilidade de falha em um ou mais desses dispositivos durante a operação, o que levanta a questão de como recuperar o controle do veículo ou garantir que ele continue navegando mesmo diante dessas falhas.

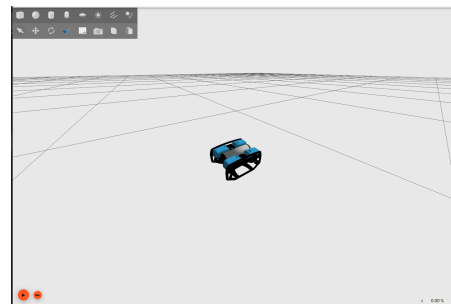
Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é abordar o problema da falha de *thrusters* por meio da aplicação de um algoritmo de otimização para gerar tolerância a falhas, através da otimização da redistribuição das forças restantes pós-falha, buscando manter a estabilidade e a funcionalidade do sistema mesmo em condições adversas.

Os estudos relacionados ao algoritmo de otimização serão aplicados ao robô BlueROV2, um veículo subaquático do tipo mini ROV desenvolvido pela empresa Blue Robotics. A Figura 1 apresenta uma representação visual do robô real e na simulação.

Figura 1: ROV BlueROV2.



(a) Isométrica



(b) BlueROV2 em simulação

Fonte: Autores.

A modelagem do algoritmo otimizador será desenvolvida levando em consideração as dimensões, características e requisitos específicos do BlueROV2.

Todos os testes e simulações serão realizados em ambiente computacional, utilizando ferramentas como o Gazebo Sim, para simular a movimentação do ROV pré e pós-falha, para a observabilidade da realocação das forças otimizadas.

Nas seções seguintes, são apresentados em detalhe os fundamentos teóricos que sustentam o estudo, a metodologia empregada para o desenvolvimento da pesquisa, os principais resultados alcançados e, por fim, as conclusões obtidas a partir das análises realizadas.