

PROD. TEC. BIR - 011 / 2019

# ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA PARA AUTOMAÇÃO DE OPERAÇÕES COM ROV

Relatório Parcial do Projeto ManiSub

## **Autores:**

Oberdan Oliveira  
Rebeca Tourinho  
Cristiano Dal’Pai  
Christian Koch  
Lidia Ruppert  
Gabriel Pinho  
Marco Reis

## **Autores parceiros:**

César Lima

Salvador  
Bahia, Brasil

Maio de 2019



Título: Estudo de viabilidade técnica-econômica para automação de operações com ROV	
<b>PROD. TEC. BIR - 011 / 2019</b>	Versão 01
<b>Classificação:</b> ( ) Confidencial (X) Restrito ( ) Uso Interno ( ) Público	

**Informações Confidenciais** - Informações estratégicas para o BIR e Senai Cimatec. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da área.

**Informações Restritas** - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de pesquisadores que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

**Informações de Uso Interno** - São informações destinadas à utilização interna por pesquisadores e parceiros.

**Informações Públicas** - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais apropriados.

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

000	Oberdan Oliveira
	Rebeca Tourinho
	Cristiano Dal’Pai
	Christian Koch
	Lidia Ruppert
	Gabriel Pinho
	Marco Reis
	César Lima
	Estudo de viabilidade técnica-econômica para automação de operações com ROV
	Salvador
	Bahia, Brasil
	Maio de 2019
	Keywords:
	1. Manipulator. 2. Mobile Vehicle. 3. Computer vision.
	000



## SUMÁRIO EXECUTIVO

O projeto Automação de Manipuladores, também conhecido como **ManiSub** se configura sob o Termo de Cooperação Tecnológica nº 003/2014 entre o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Departamento Regional da Bahia - Senai/DR/BA e a Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial - EMBRAPII, sendo estes fomentadores do projeto. Diante disso, formou-se um termo de parceria de natureza técnica e financeira com a empresa Petrobras e o SENAI/DR/BA totalizando R\$ 1.400.000,98 como recursos financeiros para a realização do devido projeto. O mesmo foi assinado em 25 de dezembro de 2018 e esta data foi considerada como a data inicial do projeto, no entanto na reunião de kick-off do projeto foi considerada para o início técnico do projeto o dia 07 de janeiro de 2018. O prazo de execução planejado é de 10 meses.

## RESUMO

O relatório tem a abrangência de apresentar o *status* atual do projeto durante a fase conceitual apresentando o desenvolvimento da Automação de Operações com ROV, tendo como objetivo projetar e construir uma prova de conceito para analisar a viabilidade técnica-econômica de automatizar operações submarinas com manipuladores de ROV. Este desenvolvimento faz parte de um projeto maior que estabelece um roadmap da tecnologia aplicado à indústria Óleo & Gás com o objetivo de automatizar as operações de um ROV. Dentro deste contexto é apresentado duas linhas de ação: uma direcionada para o desenvolvimento de um protótipo que forneça nuvem de pontos de alta resolução para identificar, com maior exatidão, estruturas submarinas, através da aquisição e cruzamento de dados de sensores diversos; e outra, para analisar através de uma prova de conceito e do estado da arte (SOTA) a viabilidade técnica e econômica da automatização de manipuladores em veículos submarinos de operação remota (*ROVs*). Esta segunda parte é o objeto deste projeto, em específico.

## **ABSTRACT**

The report has a scope of presentation of the current status of the project during a conceptual phase presenting the development of Operations Automation with ROV, aiming to design and analyze a strategy of automation of underwater operations with ROV manipulators. This development is part of a large design for the road to the oil industry and the production of automation of the operations of the ROV. The following is the map of the protected model for microsoft in the resolution of high resolution, using subtextures, text and the symphony, and method of the caption, and method of networks from diverse; and another, for study through a proof of the concept and state of the commercial software (SOTA) a technique and the automated of automation of vehicles in submarines of portable remote (ROVs). This second part is the object of this project, in particular.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Elementos para a prova de conceito do projeto. . . . .	12
Figura 2:	Estrutura de subsistemas para um manipulador submarino. . . . .	18
Figura 3:	Relação de patentes. . . . .	22
Figura 4:	Exemplo de um marco fiducial (apriltag). . . . .	27
Figura 5:	Modelo representativo da prova de conceito. . . . .	28
Figura 6:	Plataforma robótica móvel - Jackal. . . . .	30
Figura 7:	Manipulador - Jaco 2. . . . .	31
Figura 8:	Modelo do sistema para a simulação. . . . .	31
Figura 9:	Simulação do sistema utilizando o PyBullet. . . . .	32
Figura 10:	Construção inicial da árvore . . . . .	60
Figura 11:	Construção inicial da árvore . . . . .	61



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Variáveis de embarcação tipo RSV . . . . .	35
Tabela 2:	Variáveis de embarcação tipo RSV . . . . .	36
Tabela 3:	Dados monetários dos conjuntos de atividades em ROV . . . . .	38
Tabela 4:	Soma dos custos das atividades com manipuladores . . . . .	38
Tabela 5:	Tempos de execução com operações do MSADS . . . . .	40
Tabela 6:	Valores das atividades realizadas com nodes . . . . .	41
Tabela 7:	Valores proporcionais em período de contratação - nodes . . . . .	41
Tabela 8:	Variáveis utilizadas para modelo de valoração . . . . .	43
Tabela 9:	Variáveis de embarcação tipo RSV . . . . .	51
Tabela 10:	Variáveis de embarcação tipo RSV . . . . .	52
Tabela 11:	Dados monetários dos conjuntos de atividades em ROV . . . . .	54
Tabela 12:	Soma dos custos das atividades com manipuladores . . . . .	55
Tabela 13:	Tempos de execução com operações do MSADS . . . . .	56
Tabela 14:	Valores das atividades realizadas com nodes . . . . .	57
Tabela 15:	Valores proporcionais em período de contratação - nodes . . . . .	58
Tabela 16:	Variáveis utilizadas para modelo de valoração . . . . .	59



# LISTRA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

**DoF** Degrees of Freedom

**PoC** Proof of Concept, em português Prova de Conceito

**UUV** Unmanned Underwater Vehicle, em português Veículo Subaquático Não-tripulado

**AUV** Autonomous Underwater Vehicle, em português Veículo Subaquático Autônomo

**UVM** Unmanned Vehicle Morphing

**ROV** Remotely Operated Vehicle

**SOTA** Study Of The Art

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	Objetivos . . . . .	11
1.2	Justificativa . . . . .	13
1.3	Organização do relatório . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Robó</b>	<b>15</b>
2.1	Manipuladores subaquáticos . . . . .	15
2.1.1	Estudo do estado da arte . . . . .	16
2.1.1.1	Design mecânico . . . . .	18
2.1.1.2	Atuação . . . . .	20
2.1.2	Pesquisa de anterioridade . . . . .	21
<b>3</b>	<b>MANIPULADOR SUBAQUÁTICO - <i>PoC</i></b>	<b>27</b>
3.1	Base do desenvolvimento . . . . .	28
3.1.1	Adaptação às condições operacionais . . . . .	29
3.1.2	Requisitos do cliente . . . . .	29
3.2	Testes iniciais da simulação . . . . .	30
<b>4</b>	<b>CONCEITO DO SISTEMA</b>	<b>33</b>
4.1	Arquitetura geral . . . . .	33
4.2	Estrutura analítica do protótipo . . . . .	33
4.3	Especificação técnica do sistema . . . . .	33
4.3.1	Matrix morfológica . . . . .	33
4.3.2	Componentes principais . . . . .	33
4.3.3	Desdobramento da função Qualidade . . . . .	33
4.3.3.1	Requisitos do cliente e técnicos . . . . .	33
4.3.3.2	Requisitos técnicos e funcionalidades . . . . .	33
<b>5</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA<sub>x</sub></b>	<b>35</b>
5.1	Análise de custos . . . . .	35
5.2	Modelo de valoração dos projetos de P&D . . . . .	42

5.3	Conclusão análise econômica . . . . .	44
<b>6</b>	<b>ABRANGÊNCIA DO HARDWARE</b>	<b>47</b>
6.1	Modelo esquemático de comunicação e elétrica . . . . .	47
6.2	Arquitetura eletro-eletrônica . . . . .	47
6.3	Arquitetura mecânica . . . . .	47
6.4	Requisitos de hardware . . . . .	47
6.5	<i>Datasheet</i> dos componentes . . . . .	47
6.5.1	Lista dos componentes . . . . .	47
6.5.2	Componente A . . . . .	47
6.6	Análise dos modos e efeitos de falhas . . . . .	47
6.7	Análise da árvore de falhas . . . . .	47
6.8	Esquemas mecânicos . . . . .	47
6.9	Esquemas elétricos . . . . .	47
6.10	Esquemas eletrônicos . . . . .	47
6.11	Produção e montagem . . . . .	47
<b>7</b>	<b>ABRANGÊNCIA DO SOFTWARE</b>	<b>49</b>
7.1	Arquitetura de software . . . . .	49
7.2	Requisitos de software . . . . .	49
7.3	Diagrama de componentes . . . . .	49
7.4	Matriz de rastreabilidade de testes . . . . .	49
7.5	Plano de testes . . . . .	49
7.6	Integração do sistema . . . . .	49
7.7	Diagrama de classes . . . . .	49
7.8	Diagrama de sequência . . . . .	49
<b>8</b>	<b>ANÁLISE ECONÔMICA</b>	<b>51</b>
8.1	Análise de custos . . . . .	51
8.2	Modelo de valoração dos projetos de P&D . . . . .	58
8.3	Conclusão análise econômica . . . . .	62
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>63</b>

REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A Questões de abordagem à pesquisa	71
ANEXO A Relatório de busca de anterioridade	79

# 1 INTRODUÇÃO

Como parte da etapa de desenvolvimento do projeto de Automação de Operações com *ROV*, este documento reúne informações iniciais sobre o estudo de manipuladores subaquáticos e o início de simulações de algumas funcionalidades a serem testadas neste projeto; logo o documento apresenta um resumo das atividades realizadas até as fases iniciais de desenvolvimento.

A exploração e produção de hidrocarbonetos no pré-sal offshore do Brasil apresenta desafios únicos para a indústria brasileira. A busca por redução de custos na exploração e o aumento da segurança operacional são imprescindíveis para o avanço da produção nesse segmento. Nesse contexto, projetos de pesquisa que buscam novas tecnologias em robótica são imprescindíveis para o aumento da competitividade e da segurança de pessoas e instalações físicas.

A utilização de veículos remotamente operados (*ROV*) para inspeção submarina sempre teve uma vantagem inerente a baixos custos de aquisição, operação e logística na realização de serviços submarinos, em parte devido ao seu tamanho e capacidade de lançamento a partir de uma instalação de suporte, sem a necessidade de um grande número de tripulantes e nem de um grande navio de apoio. Para a atuação destes *ROV* em situações de intervenções há que se considerar manipuladores para a realização das mesmas, logo os manipuladores passam a ter uma importância grande no desenvolvimento de atividades de intervenção que sejam automatizadas.

Potencialmente, os manipuladores submarinos são usados para realizar determinadas atividades onde o ser humano não pode estar presente devido a intempéries do ambiente, o qual pode afetar drasticamente a vida humana. As atividades desempenhadas por eles são tele-operadas, exigindo do piloto extrema atenção na realização das mesmas. A automação destes manipuladores poderá reduzir o tempo necessário para a realização das atividades assim como aumentar a eficiência da operação aumentando a competitividade e integridade física, seja de recursos materiais ou humanos.

Dessa forma, a introdução de elementos que favoreçam a automação destes *ROVs* deve ser analisada do ponto de vista técnico e econômico, assim como os ganhos de redução de exposição de pessoal a riscos referentes aos serviços de mergulho e também os benefícios econômicos em comparação à prática atual.

## 1.1 Objetivos

Projetar e construir uma prova de conceito para subsidiar a análise de viabilidade técnica-econômica de automatizar operações submarinas com manipuladores de *ROV*, também conhecido como veículo submarino operado remotamente.

Esta prova de conceito irá utilizar uma plataforma robótica móvel (Figura 1a) remotamente operada juntamente com um braço manipulador (Figura 1b) em um ambiente controlado com o fim de ser simulado de forma física; através de métodos indiretos, o efeito de perturbações tridimensionais causadas por correntes marítimas, bem como o desempenho da manipulação automática em relação aos esforços de compensação de movimento para alcançar um determinado objetivo como, por exemplo, o acionamento de uma botoeira de emergência.



Figura 1: Elementos para a prova de conceito do projeto.

Dessa forma, esta prova de conceito, subsidiará a análise de viabilidade técnica-econômica prevista para a finalização deste projeto, e que é fundamental para a contratação de futuras fases do projeto.

Além do objetivo principal descrito acima, alguns objetivos específicos devem ser perseguidos para que a conclusão do principal seja alcançada, de forma sucinta é listado estes objetivos específicos:

- Projetar e construir a prova de conceito para operação automática de um manipulador 6 DoF tendo uma plataforma móvel como referência.
- Detalhar operações mais usuais de ROVs e quais manipuladores são utilizados em cada operação.
- Elaborar o SOTA para operação automática de manipuladores submarinos.
- Avaliar o custo da operação dos manipuladores e os impactos sobre os custos totais da operação com ROV, a partir de referências fornecidas pela PETROBRAS.



- Estimar redução nos custos de operação mediante a automatização dos manipuladores, a partir de referências fornecidas pela PETROBRAS.
- Elaborar análise de viabilidade técnico-econômica da automatização de operações com manipuladores de ROV, a partir de referências fornecidas pela PETROBRAS.
- Elaborar um plano de trabalho, considerando que a análise de viabilidade seja positiva, para continuidade do desenvolvimento.

No momento atual, alguns desses objetivos já estão sendo desenvolvidos, enquanto outros ainda não foram iniciados; porém espera-se dar início a todos estes objetivos específicos assim que o primeiro workshop seja realizado com o time da Petrobras, que ocorrerá ainda neste mês de maio de 2019.

## 1.2 Justificativa

Nesta etapa da automação de um manipulador, que precede a construção de um protótipo viável em fases futuras, provas de conceito (*PoC*) devem ser realizadas em proporções reduzidas em relação às condições reais e em ambiente terrestre, pois acelera o desenvolvimento e possibilita análises de variáveis que podem ser melhor consideradas quando da realização de testes em ambiente controlado. Para isto, algumas abordagens para reproduzir as condições de manipulação subaquática serão testadas demonstrando a aplicação de um ou mais conceitos a partir de diferentes plataformas de desenvolvimento robótico, assim como ferramentas, frameworks, sensores e atuadores que suportem a implementação de técnicas de modelagem de sistemas, controle de posição e de trajetória, integração de sistemas e visão computacional. A simulação de cenários nas diversas provas de conceitos deverá validar operações que futuramente poderão ser automatizadas por manipuladores subaquáticos em ROVs em intervenções operacionais nas instalações da Petrobrás.

Um dos pontos importantes na automação de um manipulador robótico é a sua consistência na movimentação de objetos em seu *end-effector*, o fato do desenvolvimento do projeto estar sendo submetido a um ambiente subaquático eleva ainda mais a importância no desenvolvimento de testes conceituais antes da realização do teste final da prova de conceito, onde vários componentes são integrados entre si e desempenham funcionalidades específicas para um ambiente controlado. Trazer estes aspectos para o laboratório é algo que deve ser preponderante para a realização do projeto, pois o mesmo deve ser testado e simulado com elementos capazes de ambientar o fenômeno do ponto de vista de controle num ambiente subaquático.

O uso de manipuladores como o sugerido será capaz de trazer à luz do desenvolvimento compreensão sobre as variáveis influenciadoras do evento, utilizados na customização das

características técnicas do manipulador robótico a ser testado, os mesmos serão capazes de integrar de forma mais rápida algoritmos a serem desenvolvidos pela equipe do projeto, levando a uma otimização do tempo de desenvolvimento e aumentando a confiabilidade na implementação de controles mais precisos e estáveis.

Dessa forma, a prova de conceito subsidiará a análise de viabilidade técnica-econômica prevista nesta fase, fundamental para a contratação de futuras fases do projeto.

### **1.3 Organização do relatório**

Este documento está organizado da seguinte forma, o capítulo 1 traz referências iniciais do objetivo deste projeto, o capítulo 2 caracteriza o entendimento sobre a robótica submarina e a atuação dos manipuladores subaquáticos, apresentando de forma sucinta o estado da arte atual para estes elementos, assim como uma pesquisa de anterioridade elaborada para este projeto. O capítulo 3 descreve a ideia central com relação a prova de conceito que será desenvolvida ao longo deste projeto, chegando a apresentar aspectos iniciais da simulação da prova de conceito. Finalmente, o capítulo 9 descreve os aspectos conclusivos para esta etapa do projeto.

## 2 Robó

A integridade da infraestrutura offshore é uma questão-chave para a produção ininterrupta de petróleo e gás, bem como para a segurança dos funcionários embarcados. O envelhecimento das infraestruturas causada principalmente pela corrosão e fadiga gera um aumento da probabilidade de falha. Em casos extremos, a perda da integridade estrutural pode causar o colapso da estrutura resultando na perda completa da instalação e ocasionalmente em um desastre ecológico e humano.

O projeto de vida típico de uma plataforma é de 20 - 25 anos, no entanto, devido à demanda atual para a produção de petróleo e gás, muitas dessas plataformas continuarão em operações além do projetado. A inspeção estrutural da região submersa destas estruturas apresenta um desafio logístico dado o meio subaquático. Logo, a importância do desenvolvimento de sistemas submarinos adequados para inspeções periódicas de integridade estrutural. Um agravante a este problema é o aumento do percentual da produção executada por equipamento submersos, que resulta em uma maior demanda de inspeção periódica dos equipamentos posicionados no fundo marinho.

Atualmente, as estruturas subaquáticas são inspecionadas ou por ROVs ou mergulhadores. Ambos os métodos são dispendiosos e ineficientes, principalmente por duas razões:

- necessidade de pessoal altamente especializado;
- e o tempo necessário para realizar inspeções manualmente.

Portanto, o principal desafio no problema de inspeção estrutural submarina reside no desenvolvimento de um método eficiente de inspeção, que não necessita de um pessoal altamente especializado e que pode ser utilizada diretamente a partir das plataformas, sem a necessidade de uma embarcação de suporte.

### 2.1 Manipuladores subaquáticos

Um manipulador, também conhecido com um braço robótico, é considerado a ferramenta mais adequada para executar operações de intervenção submarina. Assim, os veículos submarinos não tripulados (*UUVs*), como os veículos operados remotamente (ROVs) e, em alguns casos, os veículos subaquáticos autônomos (*AUVs*) são equipados com um ou mais manipuladores submarinos. UUVs com manipuladores são freqüentemente chamados de Manipulador de Veículos Subaquáticos (*UVMs*). Segundo (*SIVČEV et al., 2018a*), a maioria dos manipuladores subaquáticos existentes usados nos UUVs são antropomórficos, ou seja, eles são projetados para se assemelhar a um braço humano. Esses manipuladores são compostos de uma seqüência de corpos rígidos (links) interconectados por meio de

juntas rotacionais com um deslocamento angular adequado entre elas e garras ou outras ferramentas intercambiáveis presas no *end-effector*. Para a observação de seu entorno, eles são geralmente acompanhados por um equipamento adicional composto por uma ou mais câmeras e holofotes montados no veículo subaquático da base e/ou no próprio manipulador.

Os manipuladores subaquáticos são usados para uma variedade de tarefas submarinas em diferentes aplicações em petróleo e gás offshore, energia renovável e indústrias de engenharia civil marinha, bem como em ciências marinhas e aplicações militares (CAPOCCI et al., 2017). Como eles estão sendo usados em uma ampla gama de aplicações, os manipuladores submarinos são projetados para diferentes propósitos, por ex. existem manipuladores com mobilidade limitada equipados com garras para içar objetos grandes e pesados, manipuladores usados para fixar uma garra destacável a um objeto afundado selecionado, manipuladores de garras equipados com garras ou copos de vácuo usados para fixar um veículo submerso a estruturas submersas ou perto de paredes planas durante a operação, manipuladores equipados com dispositivos de inspeção, manipuladores de intervenção hábeis com garras que podem transportar diferentes ferramentas usadas para operações de reparo e manutenção em estruturas submersas etc. Geralmente, os ROVs da classe trabalhadora são equipados com dois manipuladores, na maioria dos casos simples agarrador poderoso para segurar o ROV perto da estrutura de engenharia hidráulica ou naufrágio, enquanto o outro manipulador realiza a tarefa de intervenção real.

Algumas das tarefas que os manipuladores subaquáticos são projetados para executar incluem inspeção de tubos (CHRIST; SR, 2013), salvamento de objetos afundados (CHANG; CHANG; CHENG, 2004), limpeza de superfícies (DAVEY et al., 1999), abertura e fechamento de válvulas, perfuração, corte de cabos (CHRIST; SR, 2013), assentamento e reparo de cabos, limpeza de entulhos e redes de pesca, biológica (JONES, 2009) e amostragem geológica (NOÉ et al., 2006), etc. Em geral, os manipuladores estão localizados na parte frontal do veículo submerso, mas nem sempre é esse o caso, por exemplo, há veículos com um manipulador localizado na parte inferior lado (RIBAS et al., 2011).

### 2.1.1 Estudo do estado da arte

De forma abrangente o estado da arte do conhecimento sobre os sistemas manipuladores subaquáticos foi baseado inicialmente em um artigo fundamentado por Sivčev et al. (2018a).

Os autores forneceram uma pesquisa sobre o uso da tecnologia de manipulação para uma variedade de operações de intervenção submarina e inspeção em diferentes áreas de aplicação offshore. Ambas as soluções de manipuladores subaquáticos comercialmente disponíveis e os sistemas de protótipos foram analisados. Tópicos relevantes foram discutidos, incluindo especificações técnicas de manipuladores, projeto mecânico, atuação, modelagem de robô (cinemática e dinâmica), abordagens de controle e algoritmos (controle

de movimento, controle cinemático, planejamento de movimento) e uma comparação detalhada foi apresentada destacando vantagens e desvantagens de diferentes soluções presentes na tecnologia de manipulação submarina. Este tópico apresenta uma imagem atual da tecnologia existente a fim de fornecer uma fonte útil para futuras pesquisas no campo da robótica subaquática e manipulação. Fatores críticos que limitam o desempenho de manipuladores subaquáticos passaram a ser mais entendidos a partir da revisão abrangente deste estado da arte. Os autores recomendam fortemente que esses fatores sejam considerados durante o projeto de futuros sistemas manipuladores subaquáticos.

Muitos pesquisadores (WANG et al., 2008) (SUBOH et al., 2009) (GOLEA; GOLEA; BENMAHAMMED, 2002) (PANDIAN; SAKAGAMI, 2010) têm trabalhado no desenvolvimento de algoritmos de controle, mas poucos foram implementados e testados em sistemas de manipuladores submarinos físicos. Além disso, não há manipuladores comerciais controláveis por torque no momento. Portanto, muitos dos algoritmos de controle de baixo nível propostos não são aplicáveis a sistemas comerciais e até mesmo à maioria dos protótipos. Pesquisas acadêmicas relativamente recentes que incluíam ensaios submarinos experimentais em ambiente de campo ou pelo menos em tanques de teste tem sido realizada na Ocean One, MARIS, TRIDENT, RAUVI, PANDORA, CManipulator e KORDI. Os dois últimos tem concentrado suas pesquisas em sistemas de manipuladores de ROV hidráulicos comerciais, enquanto os restantes concentram nas intervenções de AUVs com manipuladores de protótipos elétricos. Alguns dos projetos em curso na atualidade estão sendo desenvolvidos em ambientes relevantes de manipulação submarina, desta forma pode-se estabelecer uma pequena lista:

- ROBUST <<http://eu-robust.eu/>>;
- MERBOTS <<http://www.irs.uji.es/project/merbots>>;
- DexROV <<http://www.dexrov.eu/>>;
- Operations Support Engineering - MaREI <<http://www.mmrrc.ul.ie/>>;

Destes projetos acima, a Operation Support Engineering - MaREI faz uso de manipuladores hidráulicos padrão da indústria em ROV, e o restante usa manipuladores elétricos em AUVs.

Uma visão introdutória como a apresentada acima, pode dirimir inicialmente sobre o tema de forma macro, porém para uma pesquisa mais profunda há que se levar em consideração subtópicos para que temas mais profundos possam ser estudados. Neste sentido o projeto toma como referência a divisão apresentada por Sivčev et al. (2018a) com algumas modificações em sua separação (Figura 2).

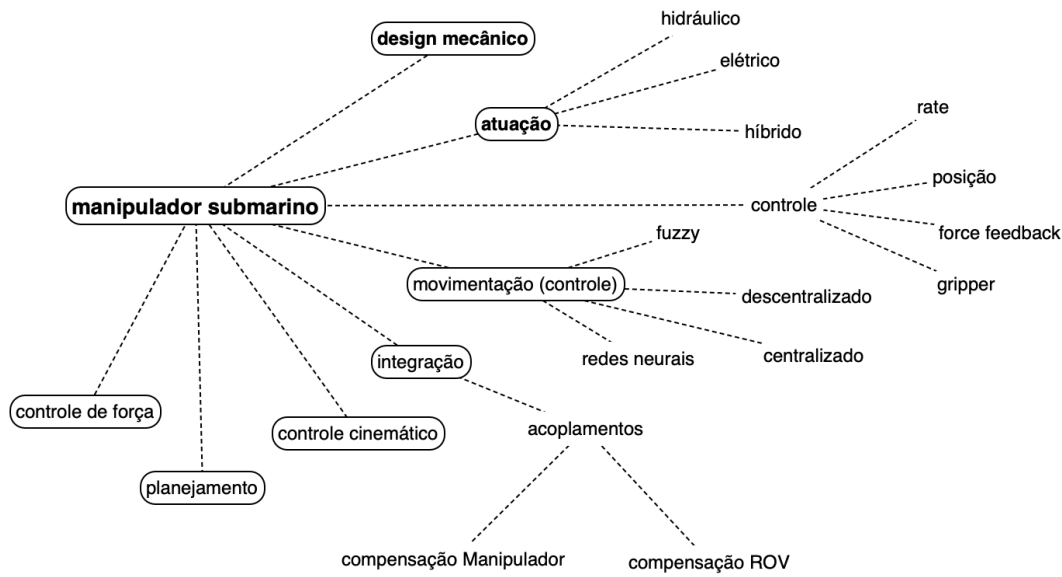


Figura 2: Estrutura de subsistemas para um manipulador submarino.

#### 2.1.1.1 Design mecânico

Os materiais mais comuns usados na construção de manipuladores subaquáticos são ligas de metal, muitas vezes escolhidos por causa da alta resistência do material e propriedades contra corrosão. Com o objetivo de reduzir o peso na água e aliviar a carga dispendida pelo atuador experimentos tem sido desenvolvidos para incrementar capacidade de flutuabilidade nos manipuladores (ISHIMI et al., 1991).

Normalmente os manipuladores submarinos mais robustos são concebidos para atuar entre 3000 a 6500 metros da água do mar, no entanto alguns manipuladores foram desenvolvidos podendo atingir até 7000m, como é o caso do manipulador da Schilling Robotics - Titan 4 e um protótipo desenvolvido por Zhang et al. (2014).

Além disso, existem alguns sistemas projetados para a profundidade total do oceano, ou seja 11.000 metros de profundidade. O Instituto Oceanográfico Woods Hole, em colaboração com a Kraft Robotics, projetou um desses manipuladores para o propósito da missão de exploração da Mariana Trench (BOWEN et al., 2008). Outros incluem "Magnum 7", um produto da ISE Ltd. e "The ARM" e "MK-37", desenvolvidos pela Western Space and Marine, Inc.

O tamanho dos manipuladores subaquáticos é descrito por um parâmetro chamado "Reach" que representa o comprimento de toda a cadeia cinemática do manipulador. Juntamente com a amplitude de movimento das articulações, determina o tamanho da área de trabalho do manipulador, um conjunto de pontos que podem ser alcançados pelo seu efeito final (CAO et al., 2011). O alcance dos manipuladores subaquáticos existentes varia

de 0,5 m para os manipuladores de garras até 2,4 m para manipuladores mais robustos.

O torque máximo do punho que os manipuladores subaquáticos são capazes de produzir varia de 8Nm a 250Nm. De acordo com a ISO 13628–8:2010 (13628, 2010), as interfaces ROV rotativas de baixo torque em sistemas de produção submarina, que normalmente são usadas em válvulas de agulha submarinas, têm classificação máxima de 75Nm. Além disso, a capacidade de elevação de carga dos manipuladores submarinos varia de 5 kg a 500 kg. Os fabricantes costumam fornecer parâmetros diferentes para a capacidade de elevação do manipulador; o que torna a comparação não trivial, pois a capacidade de carga não é um valor fixo, mas depende da posição do manipulador.

Em geral, o peso de um manipulador submarino não molhado está entre 6 kg e 150 kg; no entanto, seu peso na água é mais importante pois determina a flutuabilidade necessária no veículo de base para compensar o manipulador. O peso e o tamanho são fatores muito importantes, pois são diretamente responsáveis pela quantidade de acoplamento dinâmico introduzido entre o manipulador e o robô submarino no qual está montado e, portanto, pode influenciar o desempenho de todo o sistema.

Para poder explorar completamente as características do manipulador, o peso do manipulador deve ser uma porcentagem baixa o suficiente, para que o acoplamento dinâmico possa ser desprezado ou pelo menos levado em consideração como uma perturbação externa que pode ser tratado pelo posicionamento dinâmico do robô submarino (ROV).

Maior peso e tamanho maior geram demandas mais altas com relação à robustez do sistema de propulsão de um robô submarino (ROV) quando submetido às perturbações causadas pelo acoplamento dinâmico.

A Tabela 2 apresenta o peso relativo do manipulador para o veículo para os ROVs comerciais pesados, médios e leves da classe comercial. Pode-se observar que essa relação é significativamente baixa, mesmo para os veículos comerciais leves da classe trabalhadora.

Os manipuladores subaquáticos podem ser equipados com vários tipos de pinças no seu *end effector*. As soluções comerciais apresentam diferentes garras intercambiáveis, cada uma com seu objetivo específico. Um tipo de garra comum é aquele com garras de ação paralela, que inclui um *slot* para uma alça de barra T padrão (13628, 2010), e sua função principal é agarrar diferentes objetos e ferramentas em uma variedade de operações submarinas. As ferramentas geralmente são projetadas com uma barra em T exatamente para esse fim. As garras diferentes incluem garras de três ou quatro dedos, garras flutuantes de dois ou três dedos, garras de tesoura, pés de sucção, etc. Os atuadores das garras são geralmente hidráulicos e a força de garra das garras disponíveis comercialmente variam de 35 kgf a 652 kgf.

Dependendo da natureza da tarefa para a qual foram projetados, os manipuladores subaquáticos vêm com diferentes números de graus de liberdade (DOF). Os manipuladores

subaquáticos comerciais e experimentais são geralmente projetados com três a seis DOFs, sem levar em consideração a mobilidade da garra. A razão para isso é que três DOFs são suficientes para alcançar uma posição arbitrária e seis DOFs para posição arbitrária e orientação do *end effector* na área de trabalho (SPONG; HUTCHINSON; VIDYASAGAR, 2005). O termo “função n” é frequentemente usado na literatura para descrever o número de atuadores contidos em um manipulador e esse termo também inclui a mobilidade da garra, portanto, por exemplo, um manipulador de sete funções significa que existem seis atuadores responsável pelo movimento do manipulador que fornece seis DOFs verdadeiros mais um atuador para a mobilidade da garra. Manipuladores subaquáticos com sete ou mais DOFs (sem mobilidade da pinça) não são muito comuns, mas existem.

Manipuladores com 7 DOF são inerentemente redundantes do ponto de vista cinemático (SICILIANO et al., 2010). Esse recurso pode desempenhar um papel importante na autonomia de manipuladores, pois a redundância pode ser explorada para um objetivo secundário, tal como evitar obstáculos.

Manipuladores submarinos com 7 DOF é relatada por Marani, Choi e Yuh (2009) e Ribas et al. (2015) e com oito DOF por Greig e Broome (1994).

Qualquer aplicação robótica de manipuladores subaquáticos requer algoritmos de planejamento e controle de modelagem cinemáticos aplicáveis. Os manipuladores subaquáticos geralmente têm estrutura mecânica de cadeia serial semelhante aos braços de manipuladores industriais. Existe muita literatura sobre a cinemática de robôs que pode ser aplicada a manipuladores subaquáticos, alguns dos quais podem ser encontrados em Spong, Hutchinson e Vidyasagar (2005); Siciliano et al. (2010); e Corke (2011).

Literatura adicional sobre sistemas manipuladores de veículos pode ser encontrada em From, Gravdahl e Pettersen (2014) e literatura mais específica relacionada a sistemas manipuladores de veículos subaquáticos em Antonelli (2014).

#### 2.1.1.2 Atuação

Na atualidade há dois caminhos importantes identificados no desenvolvimento de manipuladores submarinos, ambos apresentam vantagens e desvantagens, são eles: um baseado em óleo hidráulico e outro em atuadores elétricos. Há ainda algumas ideias apresentadas como uma combinação entre ambos, conforme apresentado por Denket (2006).

Na grande maioria, os manipuladores baseados em óleo hidráulico são os mais tipicamente usados, mesmo assim há muitos pontos a serem considerados como novas perspectivas para o desenvolvimento de novas características, tanto Yao et al. (2009), Zhang et al. (2014) como Zuyao et al. (2011) apresentam em suas pesquisas novas características e configurações.



As soluções baseadas na perspectiva dos atuadores elétricos são menores do que a vertente anterior além de que alguns requisitos tais como velocidade, confiabilidade ou força podem não atender a certos requisitos para uma determinada intervenção, porém apresentam um campo ainda pouco explorado; capacidade de controle preciso nos movimentos e possibilidade de controle de torque são as vantagens principais para este tipo de manipuladores (RIBAS et al., 2015) (FERNÁNDEZ et al., 2013).

### 2.1.2 Pesquisa de anterioridade

A pesquisa de anterioridade realizada neste início de projeto tem como o principal objetivo verificar diante da base de conhecimento nacional e internacional a disponibilidade de ideias e patentes desenvolvidas sob o mesmo ambiente do projeto. A busca teve como ponto de partida desenvolvimentos que tinham como base manipuladores de 6DoF e que possuíam tomada de decisão autônoma. As palavras chaves determinadas para a pesquisa foram:

- Manipulação subaquática
- Manipulador subaquático
- Manipulador subaquático autônomo
- Braço robótico subaquático
- Braço robótico subaquático autônomo
- Robótica submarina
- ROV
- Veículo Operado Remotamente
- Controle de manipuladores subaquático

As bases de procura utilizadas para a formação do relatório de anterioridade foram:

- INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial <[www.inpi.gov.br](http://www.inpi.gov.br)>
- ESPACENET – European Patent Office <[pt.espacenet.com](http://pt.espacenet.com)>
- USPTO – United States Patent and Trademark Office <[www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)>
- SCIELO – Scientific Eletronic Library on line <[www.scielo.com.br](http://www.scielo.com.br)>
- Portal de Periódicos da CAPES <[www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br)>
- WIPO – Organização Mundial de Propriedade Intelectual <[www.wipo.int](http://www.wipo.int)>

- Google patents <[www.google.com/patents](http://www.google.com/patents)>
- Clarivate Analytics - Derwent Innovation <[www.derwentinnovation.com](http://www.derwentinnovation.com)>

O resultado da busca, realizada num espaço que compreende entre 2000 e 2018, encontrou 39 patentes centradas na temática MANIPULADOR SUBAQUÁTICO AUTÔNOMO, entanto 21 delas tem uma maior relevância e podem ser melhor analisadas no Anexo A .

Um ponto a ser observado também é a origem destas patentes, abaixo a Figura 3 apresenta as empresas que mais depositaram patentes sobre o assunto, sendo:

1. TESCO CORP.
2. EELUME AS.
3. MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.
4. SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD.
5. UNIV NORTHEAST PETROLEUM
6. UNIVERSITY OF WASHINGTON
7. OCEANEERING INTERNATIONAL INC.
8. KOREA ADVANCED INSTITUTE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY
9. MOTORWEL CO LTD.
10. NORWEGIAN UNIV OF SCIENCE & TECHNOLOGY (NTNU)

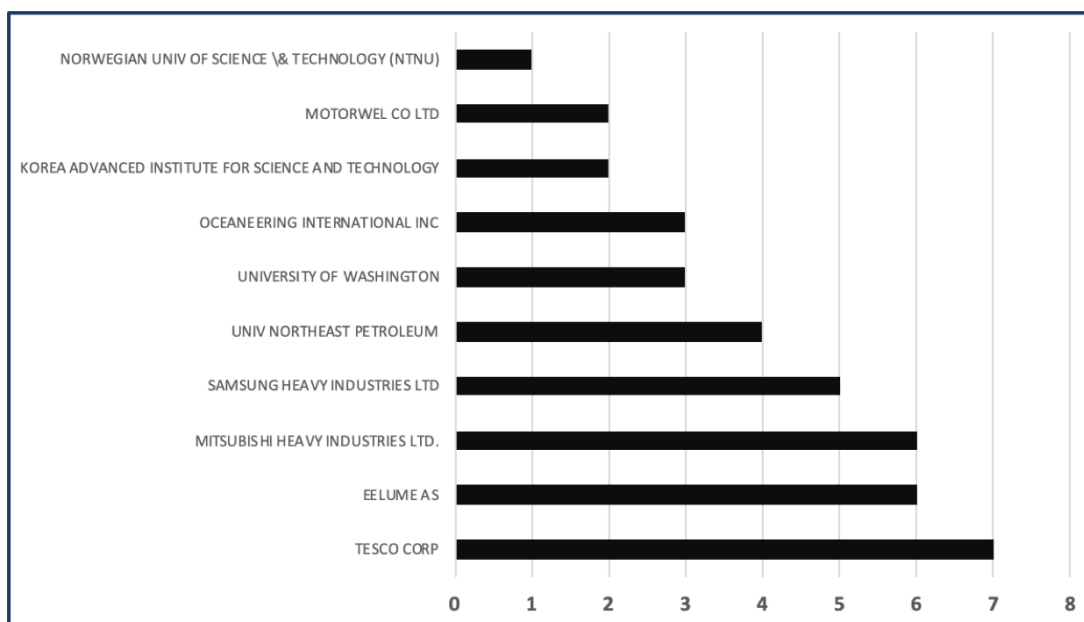


Figura 3: Relação de patentes.

A Coréia é o país com maior número de patentes (11 registros), em seguida vem os EUA com 9 registros e a China com 3 patentes. O relatório apresenta ainda um fato interessante que a grande maioria das patentes encontradas tiveram o seu depósito no ano de 2017, totalizando em torno de 11 patentes submetidas e registradas.

A busca também levou em consideração a identificação de artigos científicos relevantes para a pesquisa, os mais relevantes são:

- Research on Underwater Safety Inspection and Operational Robot Motion Control (GUANGYI et al., 2018);
- Augmented reality visualization of scene depth for aiding ROV pilots in underwater manipulation (BRUNO et al., 2018);
- Dynamic Modeling and Identification of an Heterogeneously Actuated Underwater Manipulator Arm (LEBORNE et al., 2018);
- Design, prototyping and testing of a modular small-sized underwater robotic arm controlled through a Master-Slave approach (BARBIERI et al., 2018);
- Underwater manipulators: A review (SIVČEV et al., 2018a);
- A Modular Soft Robotic Wrist for Underwater Manipulation (KURUMAYA et al., 2018);
- Fully automatic visual servoing control for work-class marine intervention ROVs (SIVČEV et al., 2018c);
- Collision Detection for Underwater ROV Manipulator Systems (SIVČEV et al., 2018b);
- Kinematic performances evaluation of a hydraulic underwater manipulator (RIZZO et al., 2017);
- Impact of Arm Morphology on the Hydrodynamic Behavior of a Two-arm Robotic Marine Vehicle (KAZAKIDI; TSAKIRIS; EKATERINARIS, 2017);
- Development of Hand Gesture Recognition Sensor Based on Accelerometer and Gyroscope for Controlling Arm of Underwater Remotely Operated Robot (MARDIYANTO et al., 2017);
- Robust Adaptive PID Control for Positioning of Remotely Operated Vehicle Working in Close Proximity of an Underwater Structure (QIAO; ZHANG; ZHANG, 2016);
- Development of a Virtual Platform for Telepresence Control of an Underwater Manipulator Mounted on a Submersible Vehicle (ZHANG et al., 2016);

- The Underwater Swimming Manipulator - A Bio-Inspired AUV ([SVERDRUP-THYGESON et al., 2016](#));
- Convolutional Neural Network-based Real-time ROV Detection Using Forward-looking Sonar Image ([KIM; YU, 2016](#));
- I-AUV Docking and Panel Intervention at Sea ([PALOMERAS et al., 2016](#));
- 3D-Belief Space Planning for underwater mobile ([ZEREIK et al., 2015](#));
- Intervention AUVs: The next challenge ([RIDAO et al., 2014](#));
- Rotation Identification in Geometric Algebra: Theory and Application to the Navigation of Underwater Robots in the Field ([STANWAY; KINSEY, 2015](#));
- I-AUV Docking and Intervention in a Subsea Panel ([PALOMERAS et al., 2014](#));
- Design of Modular Camera Tool for Mini Underwater ROVs ([PORETTI; BENSON; RAUCH, 2013](#));
- Design of a gateway for remotely underwater vehicles ([LIU; LI; GAO, 2012](#));
- Stochastic controllers for robust underwater mobile manipulation ([BONSIGNORIO, 2012](#));
- New Approach for a Reconfigurable Autonomous Underwater Vehicle for Intervention ([NOVI et al., 2009](#));
- Manipulability analysis of underwater robotic arms on ROV and application to task-oriented joint configuration ([JUN; LEE; LEE, 2004](#));
- ArmillEye: Flexible platform for underwater stereo vision ([ZOPPI; MOLFINO, 2007](#));
- Adaptive PD-controller for positioning of a remotely operated vehicle close to an underwater structure: Theory and experiments ([HOANG; KREUZER, 2007](#));
- A composite rigid body algorithm for modeling and simulation of an underwater vehicle equipped with manipulator arms ([HOSSEINI et al., 2006](#));
- Navigation and control system of a deep-sea unmanned underwater vehicle 'HEMIRE' ([LEE et al., 2007](#));
- Manipulability analysis of underwater robotic arms on ROV and application to task-oriented joint configuration ([JUN; LEE; LEE, 2004](#));
- A fuzzy approach to redundancy resolution for underwater vehicle-manipulator systems ([ANTONELLI; CHIAVERINI, 2000](#));

- Controlling an uninstrumented manipulator by visual servoing ([MARCHAND et al., 2002](#));
- Control architecture and operator interface for a free-flying robotic vehicle ([CARIGNAN; LANE; AKIN, 2001](#));
- Controlling an uninstrumented ROV manipulator by visual servoing ([MARCHAND et al., 2001a](#));
- Controlling the manipulator of an underwater ROV using a coarse calibrated pan/tilt camera ([MARCHAND et al., 2001b](#));
- Forestry equipment strikes fear into trees ([HENEY, 2000](#));
- Control laws, tasks and procedures with ORCCAD: application to the control of an underwater arm ([SIMON; KAPELLOS; ESPIAU, 1998](#));
- Hybrid position/force control of a ROV with a manipulator ([LAPIERRE; FRAISSE; M'SIRDI, 1998](#));
- A virtual environment for undersea telepresence ([SCHEBOR, 1995](#));
- Subsea weld inspection using an advanced robotic manipulator ([BROOME; LARKUM; HALL, 1995](#));
- Experiments in the coordination of underwater manipulator and vehicle control ([MCLAIN; ROCK; LEE, 1995](#));
- Concept evaluation trials of teleoperation system for control of an underwater robotic arm by graphical simulation techniques ([BOYLE; MCMASTER; NIXON, 1995](#));
- Advanced controller for an underwater manipulator ([LARKUM; BROOME, 1994](#));
- Planning and control for coordination of underwater manipulators ([LANE et al., 1991](#));
- ...



### 3 MANIPULADOR SUBAQUÁTICO - *PoC*

Este capítulo tem o objetivo de apresentar a concepção do desenvolvimento de várias funcionalidades de um manipulador subaquático e que seja capaz de reconhecer alvos e consequentemente realizar tarefas de forma autônoma, mesmo que seu frame de localização seja alterado durante a missão. É importante salientar que o desenvolvimento deste projeto procura estabelecer uma prova de conceito para que estas funcionalidades sejam testadas mesmo antes de um envolvimento num ambiente subaquático.

As funcionalidades a serem testadas em laboratório são:

1. percepção do manipulador: esta funcionalidade tem por objetivo reconhecer um marcador tipo *aprilTag* (Figura 4) e identificar a posição de atuação para a trajetória da missão.
2. navegação da plataforma móvel: objetivo é fornecer comandos para realização de movimentos tanto em manual com em rotas pré-programadas, nestas rotas pontos aleatórios serão gerados simulando distúrbios marinhos que podem ocorrerem em ROVs.
3. planejamento da trajetória: diante da informação da posição a ser realizada e tendo as perturbações geradas, o planejamento será capaz de reposicionar o *end-effector* do manipulador para atender a trajetória do mesmo.
4. atuação do manipulador: o objetivo principal desta funcionalidade será o de realizar o comando de apertar o botão localizado pela primeira funcionalidade abordada.



Figura 4: Exemplo de um marco fiducial (apriltag).

### 3.1 Base do desenvolvimento

Um dos pontos importantes para uma pesquisa inicial de uma determinada tecnologia, é poder testar algumas funcionalidades da ideia principal com um mínimo de recursos necessários para o desenvolvimento de um protótipo. Neste projeto para testar várias das funcionalidades apresentadas na introdução do capítulo 3, foi considerado analogamente dois elementos para simular tanto o ROV quanto o manipulador subaquático. Para simular as perturbações do ambiente aquático, foi idealizado desenvolver a PoC num piso irregular, que pudesse a todo tempo alterar o posicionamento da base do manipulador.

De forma descritiva, a Figura 5 apresenta uma ideia sobre o teste a ser realizado

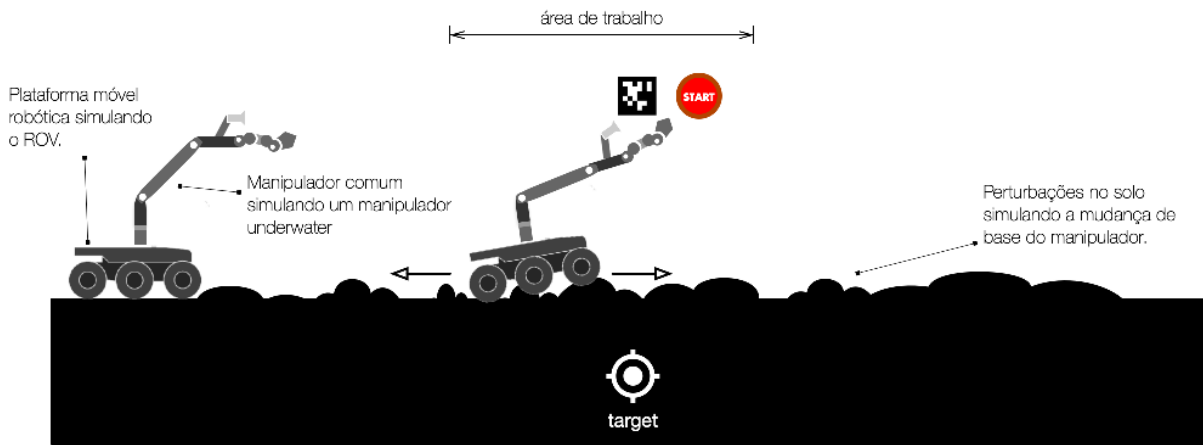


Figura 5: Modelo representativo da prova de conceito.

Para a demonstração da missão que o manipulador desenvolverá autonomamente, foi idealizado uma determinada região fixa para a plataforma móvel com um ponto referencial de fixação simulando o processo de ancoragem para o ROV, tendo estabelecido a ancoragem o sistema ficará sujeito às perturbações, que poderão ocorrer de forma aleatório ou não, dependendo somente da programação inicial que será levada em consideração na realização dos testes.

A próxima tarefa, o manipulador fará uma busca de reconhecimento com o intuito de encontrar um determinado marcador (Figura 4), que será capaz de informar ao manipulador para qual ponto da trajetória o mesmo deverá ir. Com a informação do ponto determinada, o sistema do manipulador deverá realizar cálculos de controle e de cinemática inversa em tempo real para a trajetória a ser desenvolvida. Este planejamento deverá, ao final do projeto, ser autônoma e precisa.

Com isso, o manipulador será capaz de realizar a missão para o qual foi planejado, que no caso deste projeto é o de apertar um botão, girar uma chave de emergência, inserir um pino no painel, realizar uma trajetória linear e uma circular, com o intuito de simular um



processo de limpeza e uma inspeção em um *pipeline* respectivamente.

### **3.1.1 Adaptação às condições operacionais**

No desenvolvimento da prova de conceito é levada em consideração características operacionais que estejam em de acordo com a norma API RP 17H para o uso de ROVs de intervenção conforme Tabela xxx. Estas características são consideradas especificamente na simulação da prova de conceito.

### **3.1.2 Requisitos do cliente**

A ideia apresentada na introdução desta seção tem como objetivo suprir com entendimento os requisitos levantados e impostos ao time de desenvolvimento quando do início do projeto. Entendendo estas necessidades apontadas pelo cliente durante as reuniões realizadas, e analisando o plano de trabalho estabelecido, pode-se listar os seguintes requisitos primordiais para a realização deste projeto:

- projetar, construir e demonstrar uma prova de conceito em laboratório para simular a automação de operações com ROVs que utilizam braços manipuladores;
- desenvolver um estudo de viabilidade técnico-econômica para automatizar algumas operações com ROVs, contendo os seguintes tópicos:
  - Relação de operações usuais de ROVs e seus manipuladores;
  - Estudo do estado da arte de ROVs;
  - Estudo do estado da arte de manipuladores subaquáticos;
  - Avaliação da complexidade das operações realizadas por ROVs e seus manipuladores;
  - Avaliação do custo operacional dos manipuladores subaquáticos e o impacto nos custos totais das operações com ROVs;
  - Estimação da redução de custos e tempos de operação quando da implementação da automação dos manipuladores;
  - Estimação da redução dos riscos humanos principalmente referentes à prática de mergulho nas operações;
  - Análise de risco da implementação da automação dos manipuladores;
  - Avaliação da prontidão tecnológica para implementação da automação dos manipuladores;
  - Análise de viabilidade técnico-econômica e impacto na operação da empresa.

- elaborar um plano de trabalho, em decorrência da análise realizada no estudo de viabilidade, com o intuito de estabelecer um *road map* para a aplicação de tecnologias apontadas no estudo.

Com três grandes entregáveis: prova de conceito, estudo de viabilidade, e o plano de trabalho para o protótipo; o projeto estabelecerá respostas para cada requisito apresentado. O estudo de viabilidade foi iniciado com o levantamento dos requisitos e com a elaboração de questões a serem indagadas à equipe da PETROBRAS e aos fornecedores de equipamentos. Estas questões são apresentadas de forma preliminar no Apêndice A, porém vale ressaltar que melhorias serão apontadas quando da realização do workshop no CENPES e no campo operacional de Macaé - RJ.

### 3.2 Testes iniciais da simulação

Para a prova de conceito que validará o controle de posição e trajetória de um manipulador submetido a perturbações 3D; uma forma de acelerar o desenvolvimento e focar nas funcionalidades requeridas para o manipulador é usar uma plataforma móvel que já esteja integrada com um manipulador. Além disso se o conjunto possuir câmera e unidade de processamento que possa processar algoritmos de mapeamento de imagens será um diferencial grande para o desenvolvimento. No entanto antes disso tudo, é necessário simular estes processos antes mesmo de submeter a implementação física.

Neste início de desenvolvimento, os componentes selecionados foram a plataforma robótica móvel do fabricante Clearpath (Figura 6) e o manipulador do fabricante Kinova (Figura 7).



Figura 6: Plataforma robótica móvel - Jackal.

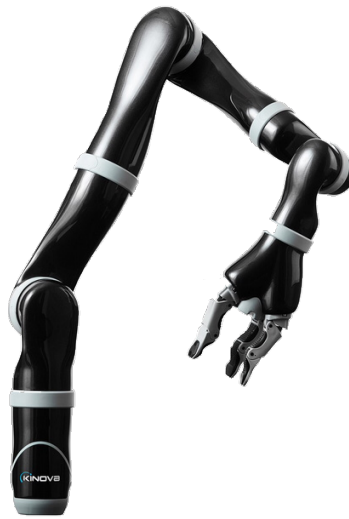


Figura 7: Manipulador - Jaco 2.

Diante das informações obtidas dos fabricantes foi possível parametrizar as variáveis necessárias para que a simulação fosse a mais próxima do real. De forma a testar a ideia principal no uso de manipuladores quando os mesmos são submetidos a perturbações e que a sua base é alterada aleatoriamente foi pensado em elaborar uma simulação utilizando o Pybullet ([PYBULLET...](#), 2019), que é uma plataforma em tempo real que simula as propriedades físicas de materiais de mecanismos robóticos.

O foco principal do teste foi elaborar uma trajetória pré-programada do manipulador e que durante o processo de trajetória sofresse uma perturbação em sua base.

O resultado esperado era o desempenho da trajetória na realização da missão, mostrando-se eficaz na primeira tentativa, que era o de simplesmente permanecer no ponto esperado (Figura 8).

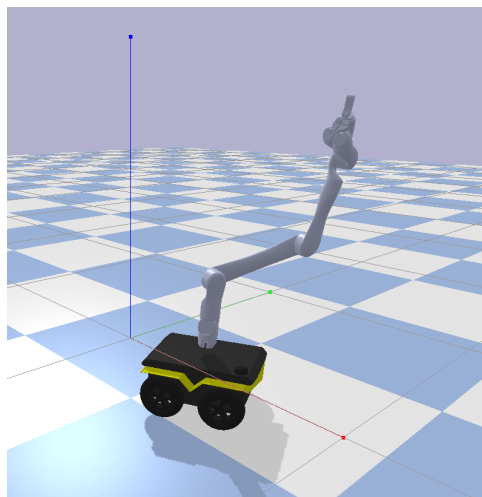


Figura 8: Modelo do sistema para a simulação.

Com o resultado alcançado com o primeiro teste, em que o *end-effector* tende a permanecer no ponto designado inicialmente, foi elaborado o segundo teste no qual requereria do *end-effector* uma determinada tarefa a ser realizada mesmo tendo a base do manipulador alterada aleatoriamente.

Neste segundo teste, que está sendo apresentado na Figura 9 tem a intenção de apresentar uma certa sequência dos eventos realizados durante a simulação. A tarefa desempenhada pelo *end-effector* do manipulador foi o de descrever uma trajetória circular num determinado ponto. Na Figura 9a o manipulador está na posição inicial da trajetória estipulada na missão, como consequência do evento o manipulador deve realizar uma trajetória que descreve uma circunferência no espaço (Figura 9b). Consequentemente após receber uma determinada perturbação de mudança na base do manipulador, o *end-effector* permanece realizando a trajetória circular, conforme apresentado na Figura 9c.

O resultado do teste mostrou-se compatível com a ideia inicial em permanecer desenvolvendo a trajetória mesmo tendo a sua base fixa sofrendo perturbações em seus eixos.

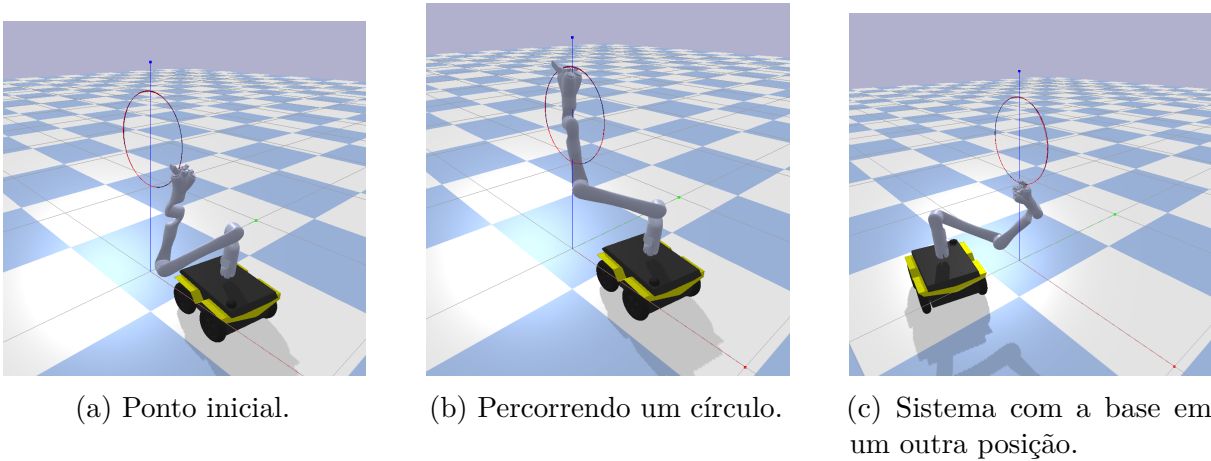


Figura 9: Simulação do sistema utilizando o PyBullet.

## 4 CONCEITO DO SISTEMA

### 4.1 Arquitetura geral

### 4.2 Estrutura analítica do protótipo

### 4.3 Especificação técnica do sistema

#### 4.3.1 Matrix morfológica

#### 4.3.2 Componentes principais

#### 4.3.3 Desdobramento da função Qualidade

##### 4.3.3.1 Requisitos do cliente e técnicos

##### 4.3.3.2 Requisitos técnicos e funcionalidades



## 5 ANÁLISE ECONÔMICA<sub>x</sub>

### 5.1 Análise de custos

Os custos com operações offshore receberam limitada atenção dos meios acadêmico e corporativo. Em boa parte, os custos com a produção com petróleo e gás ocupam uma pequena porção orçamentária, além dos altos preços das commodities gerarem grandes fluxos de caixa, aumentando a produção e vendas por consequência (KAISER, 2019).

Diferente dos custos de capital para prospecção de petróleo e seus derivados, os custos operacionais são menos transparentes, com menor disponibilidade de dados e informações pertinentes para avaliação, vindo de diferentes formas e aplicações. Apesar de tais obstáculos, há estudos de benchmark que propuseram diminuir o gap entre as informações obtidas e a avaliação resultante do processo, obtendo relativo êxito em suas execuções.

A proposta desta seção é avaliar os custos associados ao uso de manipuladores subaquáticos em ROVs. Para isso, os dados foram coletados e utilizados segundo informações da Petrobras a cerca dos contratos de embarcação de ROV para inspeção, reparo e manutenção, conforme apresentado na Tabela 9:

Tabela 1: Variáveis de embarcação tipo RSV

Variáveis	Valores <sup>i</sup>
Diária RSV	US\$81.474,45
Ciclo 28 dias	US\$2.281.284,60
Total contrato RSV	US\$44.667.552,47
Total dias de contrato	547
Total de operações (A) <sup>ii</sup>	1976
Total de inspeções	1337
Total de intervenções	639
Número de anomalias (B)	432
Índice de anomalias (B/A)	21,86%

<sup>i</sup> Valores monetários a US\$ correntes

<sup>ii</sup> Operações e anomalias tiveram seus valores projetados para um ciclo contratual de 547 dias.

Pode-se observar que os contratos de embarcação tipo RSV (ROV Support Vessel) da Petrobras são realizados em ciclos de 28 dias<sup>1</sup>, com 1 dia de manutenção e reparo de equipamentos, alcançando a diária aproximada de US\$ 81 mil<sup>2</sup>. O valor da diária inclui, além do afretamento, materiais, equipamentos, bens importados e tripulação.

<sup>1</sup> Há também outros contratos internacionais que estabelecem um dia útil de 12 horas de trabalho, com permissão máxima de inatividade do ROV de 30 horas por mês (KAISER, 2019).

<sup>2</sup> Alguns estudos empíricos registram taxas diárias para RSV entre 100 e 300 mil dólares, dependendo do tamanho da embarcação utilizada.

Para gerar efeitos comparativos mais precisos, e considerando o uso da embarcação por 24 horas, as atividades descritas nos conjuntos da Tabela 1 terão o valor da diária estabelecido em minutos. A ideia consiste em mensurar a participação de uma determinada atividade em relação ao total previsto em um dia completo de operações. Estabeleceu-se a divisão das operações por conjunto segundo o nível de complexidade inerente à sua realização, i.é., o Conjunto 1 pode demandar um tempo menor de execução se comparado aos Conjuntos 3 e 4, por exemplo. As médias apresentadas na tabela seguem a seguinte estrutura:

Tabela 2: Variáveis de embarcação tipo RSV

Operação submarina <sup>i</sup>	Frequência média mensal	Sem automação (min)	Com automação (min)
Conjunto 1			
Abertura e fechamento de válvulas	12	10	5
Colocação e retirada de hot stab	28	10	4
Uso de torque tool	12	15	5
Conjunto 2			
Instalação de <i>tree cap</i>	5	60	30
Conexão de <i>flying leads</i>	10	60	15
Conjunto 3			
Limpeza de <i>hub</i> <sup>ii</sup>	5	240	60
Conjunto 4			
Instalação de flanges	5	180	60

<sup>i</sup> Valores monetários a US\$ correntes

<sup>ii</sup> Operações e anomalias tiveram seus valores projetados para um ciclo contratual de 547 dias.

A hipótese central para os valores presentes no item C está em aproximar mais precisamente os tempos de execução das atividades presentes nos registros dos melhores condutores dos manipuladores. Por mais que estes tenham a experiência para uma boa condução, ainda há fatores (sejam eles de caráter endógeno ou exógeno) que possibilitam a presença de anomalias, enquanto com a automação estas seriam minimizadas.

O conjunto 1 corresponde às atividades que envolvem acionamento mecânico de válvulas submarinas com o ROV equipado com ferramentas de torque (*torque tool*). Tal conjunto relaciona-se com os demais porque estes dependem diretamente do acionamento de válvulas para que ocorra a instalação/desinstalação de determinados equipamentos, o que justifica a maior frequência de manuseios de válvulas e *torque tools*. Apesar de a Petrobras estabelecer máximo de 15 minutos para movimentos envolvendo válvulas, há registros apontando para valores médios de 10 minutos, com aproximação da média com automação em 5 minutos, uma diminuição de aproximadamente 50% em relação à média máxima esperada em contrato.

O lançamento/instalação de *Tree Cap* em árvore de natal molhada (ANM) e manuseio de *flying leads*, utilizando ferramenta de torque, compõem o conjunto 2 de serviços do



ROV. O principal diferencial para diminuição do tempo de execução em *flying leads* está na presença de uma ferramenta de orientação inserida (FLOT) no ROV para colocá-los na ANM, que pode chegar em até 1/3 do valor comparado ao FLOT não residente. Para fins didáticos, o estudo propôs trabalhar somente com os valores onde há a utilização da ferramenta de orientação, registrando um total de execução de 60 minutos entre instalação e desinstalação dos componentes.

A operação de limpeza de *hubs*, atividade fundamental do Conjunto 3, consiste em remover incrustações e/ou vidas marinhas dos equipamentos a partir de ferramentas de limpeza operadas por ROVs a fim de permitir instalação de subequipamentos. Em certas ocasiões, a limpeza do *hub* está associada à necessidade de retirar as capas de proteção ou capas de teste. Por este motivo, quando realizadas no mesmo período programado, desinstalações de *tree caps* (Conjunto 2) podem interferir diretamente no tempo de execução da limpeza do *hub*, apresentando a maior média de tempo dentre todos os conjuntos de atividades no estudo. Ademais, a atividade em si depende muito da experiência do condutor do ROV e, dentro dos relatos da Petrobras, possui as maiores probabilidades de apresentar anomalias, gerando maiores desvios padrões em relação à média observada. Os valores representados na Tabela 1 para tal conjunto são equivalentes ao tempo médio de somente a realização da limpeza (4 horas aproximadamente).

Por fim, o Conjunto 4 consiste na instalação de flanges cego (ou cubo cego *grayloc*<sup>3</sup>) em conexões de dutos rígidos e flexíveis, a partir de materiais fornecidos pela Petrobras. O conjunto envolve preparação e manuseio do flange no convés, lançamento, instalação de estojos, torqueamento e teste de estaqueidade. Dentro das atividades previstas, a instalação de estojos é a que possui maior interdependência entre os outros conjuntos de atividades descritas anteriormente, envolvendo inspeção visual, limpeza, destorqueamento, medição de potencial eletroquímico, instalação e torqueamento do novo estojo. Desta forma, torna-se mais complexa<sup>4</sup> a mensuração da performance. Para este estudo, a média de tempo para execução adotada foi de 180 minutos, podendo apresentar o mesmo comportamento observado no Conjunto 3.

Dada a apresentação da estrutura dos conjuntos de atividades com manipuladores de ROV, deu-se prosseguimento à conversão dos dados em unidades monetárias para mensurar as proporções desses custos em relação à diária da embarcação, considerando para o caso somente as operações de intervenção<sup>5</sup>. Essa elaboração pode ser observada na Tabela 2, com os valores aproximados por minuto de uma diária completa de atividades, isto é, 24 horas (ou 1440 minutos) ininterruptas de prestação de serviço.

---

<sup>3</sup> Tecnologia desenvolvida por Oceaneering. Para mais informações, ver: <https://www.oceaneering.com/grayloc-technology> (acesso em 29/10/2019).

<sup>4</sup> Parte dessa complexidade também diz respeito ao uso correto da ferramenta, que deve possuir *handles* em múltiplas posições para facilitar o manuseio pelo manipulador do ROV.

<sup>5</sup> Apesar de haver uso de manipuladores para inspeções para casos de limpeza e medição de potencial eletroquímico, sua mensuração em tempo de execução é mais assertiva em inspeções programadas.

Tabela 3: Dados monetários dos conjuntos de atividades em ROV

Operação submarina	Valor médio de execução (US\$) (A)	Valor esperado com automação (B)	$\Delta$ A/B (%)
Conjunto 1			
Abertura e fechamento de válvulas	6.789,54	3.394,77	50%
Colocação e retirada de hot stab	15.842,25	6.336,90	60%
Uso de torque tool	10.184,31	3.394,77	67%
Conjunto 2			
Instalação de tree cap	16.973,84	8.486,92	50%
Conexão de flying leads	33.947,69	8.486,92	75%
Conjunto 3			
Limpeza de hub	67.895,38	16.973,84	75%
Conjunto 4			
Instalação de flanges	50.921,53	16.973,84	67%

Observando os dados oriundos da Tabela 2, nota-se que as argumentações anteriormente apresentadas corroboram com os valores monetários expressos, sobretudo na interdependência dos Conjuntos 3 e 4 em relação às atividades mais ordinárias. É evidente que os dados apresentem proporções diretas com o presente na Tabela 1, visto que foram multiplicados por um valor constante (valor da diária de embarcação por minuto), o que justifica as variações percentuais entre 50 e 75% das médias sem e com intermédio da automação, respectivamente.

Ademais, pode-se esperar margens ainda maiores com as atividades que possuem tempos de execução com alto desvio-padrão, como é o caso da instalação de *tree cap* e da limpeza de *hub*.

Ao realizar a soma dos valores monetários dos conjuntos, obtêm-se algumas importantes observações e desdobramentos, que podem ser verificados na Tabela 3.

Tabela 4: Soma dos custos das atividades com manipuladores

Conjunto de Operações	Valor sem automação (A)	Valor com automação (B)	Redução (A - B)
Conjunto 1	32.816,10	13.126,44	19.689,66
Conjunto 2	50.921,53	16.973,84	33.947,69
Conjunto 3	67.895,38	16.973,84	50.921,53
Conjunto 4	50.921,53	16.973,84	33.947,69
<b>Total</b>	<b>202.554,54</b>	<b>64.047,97</b>	<b>138.506,57</b>

Com os valores monetários expressos na Tabela 3, espera-se que haja uma redução de custos de aproximadamente 59%<sup>6</sup> em relação aos conjuntos de operações realizados sem automação. Visto que são valores representativos a duas instalações simultâneas em árvores de natal molhada por mês, esses podem obter um impacto ainda mais significativo se analisado em período anual.

<sup>6</sup> O percentual não englobou os custos associados a pessoal e logística, assim como a depreciação, reparos e manutenções necessárias.

Além dos impactos diretos nos custos com as operações dos manipuladores, outros possíveis efeitos indiretos devem ser considerados como, por exemplo, a minimização de anomalias em riscos ambientais e diminuição do consumo de óleo diesel, necessário para o funcionamento das embarcações de ROVs.

Por fim, vale destacar a importância de um conjunto de atividades específicas ao monitoramento sísmico marítimo utilizando receptores pontuais (também conhecidos como *nodes*).

Por ser uma tecnologia disruptiva, pioneira no âmbito mundial, ela servirá para gerenciamento da produção dos reservatórios do Pré-Sal da Bacia de Santos. As hipóteses para sua implementação são os ganhos de qualidade intrínseca dos dados sísmicos - incluindo qualidade sísmica 4D - e ganhos de tempo de processamento destes dados. Além da maior flexibilidade operacional e qualidade dos dados, o conceito terá uma rápida capacidade de apropriação pela Petrobras, uma vez que a tecnologia já está madura e amplamente desenvolvida na empresa<sup>7</sup>.

As etapas previstas para as quais a tecnologia deverá passar são:

- Prototipagem, que inclui a produção de uma maquete em escala reduzida;
- Validação dos componentes e do sistema em escala laboratorial, ainda na fase de P&D;
- Testes em escala reduzida, ambiente controlado e incluindo a estaca instrumentada;
- Produção de cinco unidades constituídas de um Módulo Submarino de Aquisição de Dados Sísmicos (MSADS) e um Dispositivo de Transporte e Liberação de Estacas (DLTE);
- Teste de campo para validação da operação em condições realistas;
- Avaliação da prova de conceito final e recomendações para manufatura em escala comercial.

A justificativa para tal conceito estar dentro do estudo encontra-se nas operações do ROV com o Módulo de Estaca-Suporte (MES), MSADS, Módulo de Posicionamento e Alinhamento (MPA), sendo estas necessárias tanto para operações de instalação quanto de desinstalação dos componentes, cujos tempos de execução sem a automação e os previstos com a implementação da automação dos manipuladores podem ser observados na Tabela 4.

---

<sup>7</sup> Um exemplo desse domínio são as estacas-torpedos, empregadas como meio de baixo custo para enterramento dos *nodes*.

Tabela 5: Tempos de execução com operações do MSADS

Etapa/Descrição	Duração	
	Manual (min)	Automático (min)
Instalação		
Posicionar o MSADS no disco da estaca	12	5
Retirar capa protetora do conector elétrico e colocá-la no suporte	14	6
Retirar conector elétrico no jumper e colocar em painel de estaca	15	6
Desinstalação		
Desconectar do jumper do painel e colocar o conector elétrico	12	5
Recolocar a capa protetora no painel de estaca	14	6
Retirar o MSADS do disco da estaca	11	4

As etapas das operações que necessitam do auxílio do ROV consistem em lançar várias estacas-suporte em ambiente submarino, conectar os módulos permanentes e não-permanentes, registro sísmico, desconexão do módulo de eletrônica e recuperação dos dados registrados.

O MSADS, também conhecido como Módulo de Eletrônica, contém um suporte para que este seja suspenso por um ROV, além de um conector de conexão molhada, manuseável pelo manipulador presente no veículo, para colocá-lo ao painel da Estaca-suporte.

Inicialmente posiciona-se o MSADS no disco de estaca, procedimento que leva em média 12 minutos para execução. Em seguida, retira-se a capa protetora do conector elétrico no painel da estaca e coloca essa em seu suporte no painel, com uma estimativa de execução de aproximadamente 14 minutos. Compondo a etapa final de instalação, há a retirada do conector elétrico na extremidade do *jumper*<sup>8</sup> no MSADS e realiza-se a conexão deste no painel da estaca, com tempo estimado de 15 minutos para realização. Espera-se que, com a automação dos manipuladores, haja uma redução média de 24 minutos entre todas as operações de instalação.

Para os processos de desinstalação, de início, a primeira etapa consiste em desconectar o *jumper* do painel da estaca e colocar o conector elétrico do *jumper* em seu suporte no Módulo de Eletrônica, com duração aproximada de 12 minutos. A etapa seguinte procura recolocar a capa protetora no conector elétrico do painel da Estaca-suporte, levando em média 14 minutos para sua execução. Por fim, realiza-se a operação de retirada do MSADS do disco de estaca por volta de 11 minutos. Da mesma maneira que nas instalações, com a automação espera-se que haja uma redução total cerca de 22 minutos.

De maneira análoga ao apresentado nas Tabelas 2 e 3, os dados dos tempos de execução

<sup>8</sup> Operações de conexões e desconexões de *jumper* elétrico consistem em realizar interligações/desconexões elétrica entre equipamentos e/ou subequipamentos submarinos com a finalidade de permitir comando e monitoramento eletroeletrônico a partir da superfície.

Tabela 6: Valores das atividades realizadas com nodes

Etapa/Descrição	Valores (diária)		
	Manual (US\$) (A)	Automático (US\$) (B)	A/B (%)
Instalação			
Posicionamento do MSADS no disco da estaca	1.250,00	520,83	58,33
Retirar e colocar capa protetora do conector elétrico	1.458,33	625,00	57,14
Retirar e colocar conector elétrico no jumper	1.562,50	625,00	60,00
Desinstalação			
Desconectar do jumper e colocar o conector elétrico	1.250,00	520,83	58,33
Recolocar a capa protetora no conector elétrico	1.458,33	625,00	57,14
Retirar o MSADS do disco da estaca	1.145,83	416,67	63,64

em operações com os módulos submarinos foram multiplicados por um valor da diária de embarcação proporcional por minuto. Para operações como essas, a embarcação mais adequada é a de pesquisa sísmica, cujo valor adotado foi de US\$161,9 mil<sup>9</sup>, e que pode ser observado na Tabela 5.

As variações percentuais presentes na última coluna corroboram a importância da automação nos processos envolvendo monitoramento sísmico<sup>10</sup>. Por permanente. Os valores monetários expressos podem ainda sofrer alterações significativas dependendo da diária estabelecida em contrato, dentro dos padrões internacionais para este tipo de atividade. Quando representados em um período contratual de uma embarcação de pesquisa sísmica, as operações elucidadas na Tabela 5 possuem amplas margens de redução de custo com a automação.

Tabela 7: Valores proporcionais em período de contratação - nodes

Tipo de operação	Manual (US\$ 1000)	Automático (US\$ 1000)	Manual (US\$ 1000)	Automático (US\$ 1000)
	mín	mín	máx	máx
Instalação	4.609,47	1.911,24	27.656,81	11.467,46
Desinstalação	4.159,76	1.686,39	24.958,58	10.118,34
<b>Total</b>	<b>8.769,23</b>	<b>3.597,63</b>	<b>52.615,39</b>	<b>21.585,80</b>
<b>Diferença</b>	<b>-</b>	<b>5.171,60</b>	<b>-</b>	<b>31.029,59</b>

Quando agregadas as atividades de instalação e desinstalação dos Módulos de Eletrônica, a redução de custo pode variar de 5,2 a 31 milhões de dólares por contrato. A justificativa para o desvio padrão apresentado está na quantidade de intervenções já realizadas até então pela Petrobras por ciclos contratuais. Ademais, tal desvio padrão viabiliza as oportunidades tecnológicas presentes na automação do monitoramento sísmico, com o escopo de 2 anos e meio para tornar o sistema no mínimo semi-operacional.

<sup>9</sup> Tanto em relatórios anuais das empresas prestadoras de serviços quanto a literatura acadêmica empírica utilizam de uma margem que, para os valores correntes, chegam entre US\$150 e US\$200 mil.

<sup>10</sup> Vale ressaltar que a instalação do Módulo de Posicionamento e Alinhamento (MPA) também pode ser autônomas. Para tal, espera-se que haja uma redução de 2 minutos, em média, entre as operações sem e com automação. Por ser uma oportunidade tecnológica em fase de exploração pela Petrobras, não há dados monetários concretos para serem levantados.

Em suma, do ponto de vista financeiro, espera-se que a automação provenha reduções significativas de custos associadas aos manipuladores de ROV, seja em operações mais ordinárias, como aberturas e fechamentos de válvulas, seja em operações onde a Petrobras obterá o pioneirismo mundial, como nas operações de intervenções em *nodes all-in-two*.

Entretanto, para que a automação dos manipuladores seja considerada viável no âmbito econômico, verificou-se a necessidade de se avaliar a rentabilidade dos projetos de P&D associados, em uma metodologia de valoração amplamente utilizada por empresas e academia, e que será explorada na seção seguinte.

## 5.2 Modelo de valoração dos projetos de P&D

A fim de obterem vantagens competitivas que proporcionem lucros monopolísticos<sup>11</sup>, as empresas buscam inovações e o mercado, conseqüentemente, selecionam os resultados econômicos oriundos dessas mesmas inovações através de decisões estratégicas.

Essas estratégias podem ocorrer através de investimentos em P&D, atuando como ativos intangíveis e cujos esforços convertem-se em desenvolvimento de novos produtos, processos e/ou serviços. Os resultados deste processo são observáveis através dos impactos gerados na esfera empresarial, ou até mesmo no âmbito socioeconômico.

No entanto, como discutido na introdução, os esforços para se investir em P&D possuem incertezas inerentes que tornam a atividades de difícil avaliação ex-ante. Para isso, a Teoria de Opções Reais apresenta-se como um método robusto para análises de cenários onde há presença de incerteza e flexibilidade gerencial de longo prazo (DIXIT & PYNDICK, 1994; MUN, 2002).

Considerando que todo projeto de P&D é, em essência, um projeto de investimento produtivo, este pode ser visto como um conjunto de opções reais. Dentre tais opções, as empresas detêm a capacidade de optar de adiar o investimento, cancelar novas etapas, alterar a escala produtiva (como é o caso de expansão e contração), abandonar por conta do excessivo ônus e opções de crescimento (MEIRELLES, 2004).

Para a construção da análise, utilizaram-se dados provenientes da última demonstração financeira da Petrobras e dos esforços de P&D, que estarão concentrados integralmente nos recursos alocados e esperados em parceria com o SENAI CIMATEC, e que podem ser observados na Tabela 6.

O investimento para o projeto foi dividido em duas grandes fases: inicialmente, o desenvolvimento viável das provas de conceito para, em seguida, testar o desempenho da automação dos manipuladores em ambientes reais. Para isso, estima-se investimentos de

---

<sup>11</sup> A busca de oportunidades ou inovação, em seu sentido mais amplo, geram monopólios temporários, de menor ou maior período, até que sejam desafiados por novos concorrentes ou imitadores, tornando a concorrência um processo ativo e evolutivo de espaço e oportunidades tecnológicos. Para mais, ver Possas(2005).

Tabela 8: Variáveis utilizadas para modelo de valoração

Variáveis	Valor
Investimento na Fase 1	R\$ 1,34 mi
Investimento na Fase 2	R\$ 18 mi
VPL descontado	R\$ 20,23 mi
Volatilidade	25%
Taxa risk-free	5%
Período da Fase 1	1 ano
Período da Fase 2	2 anos

aproximadamente R\$ 19,34 milhões em um período de 3 anos. Utilizando a simulação Monte Carlo, e baseado na convergência das respostas dos pesquisadores com a metodologia  $AD^2$  (Advancement Degree of Difficulty)<sup>12</sup>, a volatilidade implícita dos fluxos de caixa esperados com o projeto é de 25%.

Para a valoração estática dos lucros futuros, utilizou-se o modelo de fluxos de caixa descontado por uma taxa de desconto baseada no custo médio ponderado sobre o capital. A partir dos dados provenientes das demonstrações financeiras, a Petrobras teve, em 2018, 290 propriedades intelectuais (em grande parte, patentes) concedidas no Brasil e exterior. O valor adicionado recebido em alugueis, royalties e outros por conta de tais propriedades ficou em torno de R\$1,1 bilhão. Constatando os valores adicionados em períodos anteriores e dividindo pelas patentes concedidas, calculou-se o valor de R\$2,62 milhões por concessão, que serviu para a elaboração dos fluxos de caixa descontados, obtendo o resultado esperado de R\$20,23 milhões.

O cálculo da árvore inicial é similar às operações tradicionais de opções reais com ativos, calculando os fatores superiores e inferiores e envolvendo o valor presente dos fluxos de caixa futuros para os próximos três anos, presente na Figura 10.

No entanto, espera-se que o projeto possua duas fases de desenvolvimento. Para isso, foi estabelecido a opção composta sequencial, que ocorre quando um projeto tem múltiplas fases e o andamento para etapas subsequentes dependem necessariamente do sucesso prévio. Realizando os cálculos para a construção dos nós da primeira e segunda etapa, além dos valores estimados com o objetivo de manter ou abandonar o projeto, a análise das opções combinadas pode ser visualizada na Figura 11.

Os valores presentes líquidos (VPL) dos futuros fluxos de caixa esperados na análise corroboram com os percentuais dos fatores superiores e inferiores. Ademais, a probabilidade de sucesso é alta, visto que a prova de conceito se mostrou viável no âmbito técnico e

<sup>12</sup> A metodologia baseia-se na mensuração das dificuldades previstas no projeto para amadurecer o uso da tecnologia. Variáveis como custo, cronograma e os riscos inerentes às fases do projeto são consideradas na avaliação.

possui desdobramentos positivos para futuras etapas.

A resposta positiva à primeira fase, apresentada nos valores do primeiro nó, abrem a possibilidade de investimentos para uma segunda fase de desenvolvimento. Mesmo em um cenário mais desfavorável, os futuros fluxos de caixa possuem valores acima das etapas anteriores, o que demonstra uma gradativa evolução tanto do ponto de vista financeiro quanto técnico, no que diz respeito à apropriação da tecnologia de automação dos manipuladores.

Na segunda fase, apesar de apresentar a metade dos nós com VPL maiores que zero, o cenário é positivo para novas concessões com a propriedade intelectual gerada pelo projeto de P&D em questão. Além disso, é importante reforçar que as árvores não se utilizaram de futuros fluxos de caixa e nem dos investimentos provenientes do monitoramento sísmico (*nodes all-in-two*), o que poderia gerar externalidades positivas ainda mais significativas, uma vez que a empresa detém a apropriabilidade tecnológica dos nodes.

Em síntese, é possível inferir que há retornos significativos com os esforços de P&D a serem realizados nos períodos subsequentes. Evidentemente que a análise de Opções Reais possui limitações, como não considerar riscos associados a grandezas macroeconômicas, ou levar em consideração a volatilidade como uma constante ao longo do tempo. Porém, diante dos cenários apresentados e da capacidade de apropriação sobre a tecnologia, o horizonte para exploração de novas oportunidades sobre automação dos manipuladores submarinos é favorável.

### 5.3 Conclusão análise econômica

A partir das análises efetuadas neste estudo, e do ponto de vista econômico, pode-se concluir que as hipóteses levantadas - reduções de custo de inspeção e intervenções com manipuladores de ROV, e ganhos de performance associados ao tempo de execução - foram corroboradas pelas significativas reduções tanto no tempo dos conjuntos de atividades quanto nos custos associados à realização destas, que apresentam valores entre 50 e 75% dos desempenhos atuais com os condutores.

Verificando o processo de valoração do projeto de P&D em questão, o cenário é favorável para que se realize novos esforços inovativos, uma vez que será possível não somente apropriar-se da tecnologia disruptiva como também dos lucros monopolísticos associados à concessão da propriedade intelectual para terceiros, que, no melhor cenário possível, pode chegar a 3,25 vezes o VPL apresentado no início do projeto.

Ao levar em consideração os custos associados com o monitoramento sísmico, as estimativas de redução são ainda mais otimistas se comparadas às atividades mais tradicionais realizadas com os manipuladores, ficando entre 57,14 e 63,64% comparando com os valores sem automação.



Por fim, faz-se uso de algumas possíveis recomendações para futuros desdobramentos destes estudos, como a valoração do projeto de monitoramento sísmico, avaliação *ex-post* dos ganhos associados à automação dos manipuladores de ROV, e os possíveis desdobramentos com as oportunidades tecnológicas futuros no tema.



## 6 ABRANGÊNCIA DO HARDWARE

6.1 Modelo esquemático de comunicação e elétrica

6.2 Arquitetura eletro-eletrônica

6.3 Arquitetura mecânica

6.4 Requisitos de hardware

6.5 *Datasheet* dos componentes

6.5.1 Lista dos componentes

6.5.2 Componente A

6.6 Análise dos modos e efeitos de falhas

6.7 Análise da árvore de falhas

6.8 Esquemas mecânicos

6.9 Esquemas elétricos

6.10 Esquemas eletrônicos

6.11 Produção e montagem



## **7 ABRANGÊNCIA DO SOFTWARE**

**7.1 Arquitetura de software**

**7.2 Requisitos de software**

**7.3 Diagrama de componentes**

**7.4 Matriz de rastreabilidade de testes**

**7.5 Plano de testes**

**7.6 Integração do sistema**

**7.7 Diagrama de classes**

**7.8 Diagrama de sequência**



## 8 ANÁLISE ECONÔMICA

### 8.1 Análise de custos

Os custos com operações offshore receberam limitada atenção dos meios acadêmico e corporativo. Em boa parte, os custos com a produção com petróleo e gás ocupam uma pequena porção orçamentária, além dos altos preços das commodities gerarem grandes fluxos de caixa, aumentando a produção e vendas por consequência (KAISER, 2019).

Diferente dos custos de capital para prospecção de petróleo e seus derivados, os custos operacionais são menos transparentes, com menor disponibilidade de dados e informações pertinentes para avaliação, vindo de diferentes formas e aplicações. Apesar de tais obstáculos, há estudos de benchmark que propuseram diminuir o gap entre as informações obtidas e a avaliação resultante do processo, obtendo relativo êxito em suas execuções.

A proposta desta seção é avaliar os custos associados ao uso de manipuladores subaquáticos em ROVs. Para isso, os dados foram coletados e utilizados segundo informações da Petrobras a cerca dos contratos de embarcação de ROV para inspeção, reparo e manutenção, conforme apresentado na Tabela 9:

Tabela 9: Variáveis de embarcação tipo RSV

Variáveis	Valores <sup>i</sup>
Diária RSV	US\$81.474,45
Ciclo 28 dias	US\$2.281.284,60
Total contrato RSV	US\$44.667.552,47
Total dias de contrato	547
Total de operações (A) <sup>ii</sup>	1976
Total de inspeções	1337
Total de intervenções	639
Número de anomalias (B)	432
Índice de anomalias (B/A)	21,86%

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

<sup>i</sup> Valores monetários a US\$ correntes

<sup>ii</sup> Operações e anomalias tiveram seus valores projetados para um ciclo contratual de 547 dias.

Pode-se observar que os contratos de embarcação tipo RSV (ROV Support Vessel) da Petrobras são realizados em ciclos de 28 dias<sup>1</sup>, com 1 dia de manutenção e reparo de equipamentos, alcançando a diária aproximada de US\$ 81 mil<sup>2</sup>. O valor da diária inclui,

<sup>1</sup> Há também outros contratos internacionais que estabelecem um dia útil de 12 horas de trabalho, com permissão máxima de inatividade do ROV de 30 horas por mês (KAISER, 2019).

<sup>2</sup> Alguns estudos empíricos registram taxas diárias para RSV entre 100 e 300 mil dólares, dependendo do tamanho da embarcação utilizada.

além do afretamento, materiais, equipamentos, bens importados e tripulação.

Para gerar efeitos comparativos mais precisos, e considerando o uso da embarcação por 24 horas, as atividades descritas nos conjuntos da Tabela 10 terão o valor da diária estabelecido em minutos. A ideia consiste em mensurar a participação de uma determinada atividade em relação ao total previsto em um dia completo de operações. Estabeleceu-se a divisão das operações por conjunto segundo o nível de complexidade inerente à sua realização, i.é., o Conjunto 1 pode demandar um tempo menor de execução se comparado aos Conjuntos 3 e 4, por exemplo. As médias apresentadas na tabela seguem a seguinte estrutura:

- Frequência média mensal auferida por cada atividade registrada pela Petrobras;
- Tempo médio de execução de cada atividade registrada pela Petrobras no período vigente sem automação dos manipuladores;
- Tempo esperado, em média, com a automação dos manipuladores para realizar os conjuntos de atividades.

Tabela 10: Variáveis de embarcação tipo RSV

Operação submarina <sup>i</sup>	Frequência média mensal	Sem automação (min)	Com automação (min)
Conjunto 1			
Abertura e fechamento de válvulas	12	10	5
Colocação e retirada de hot stab	28	10	4
Uso de torque tool	12	15	5
Conjunto 2			
Instalação de <i>tree cap</i>	5	60	30
Conexão de <i>flying leads</i>	10	60	15
Conjunto 3			
Limpeza de <i>hub</i> <sup>ii</sup>	5	240	60
Conjunto 4			
Instalação de flanges	5	180	60

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

<sup>i</sup> Foram consideradas duas instalações de ANM por mês com embarcação

<sup>ii</sup> Considerou-se somente o tempo de limpeza de um *hub*, uma vez que o tempo de execução registrados possui grandes variações (de horas a dias).

A hipótese central para os valores presentes no item C está em aproximar mais precisamente os tempos de execução das atividades presentes nos registros dos melhores condutores dos manipuladores. Por mais que estes tenham a experiência para uma boa condução, ainda há fatores (sejam eles de caráter endógeno ou exógeno) que possibilitam a presença de anomalias, enquanto com a automação estas seriam minimizadas.



O conjunto 1 corresponde às atividades que envolvem acionamento mecânico de válvulas submarinas com o ROV equipado com ferramentas de torque (*torque tool*). Tal conjunto relaciona-se com os demais porque estes dependem diretamente do acionamento de válvulas para que ocorra a instalação/desinstalação de determinados equipamentos, o que justifica a maior frequência de manuseios de válvulas e *torque tools*. Apesar de a Petrobras estabelecer máximo de 15 minutos para movimentos envolvendo válvulas, há registros apontando para valores médios de 10 minutos, com aproximação da média com automação em 5 minutos, uma diminuição de aproximadamente 50% em relação à média máxima esperada em contrato.

O lançamento/instalação de *Tree Cap* em árvore de natal molhada (ANM) e manuseio de *flying leads*, utilizando ferramenta de torque, compõem o conjunto 2 de serviços do ROV. O principal diferencial para diminuição do tempo de execução em *flying leads* está na presença de uma ferramenta de orientação inserida (FLOT) no ROV para colocá-los na ANM, que pode chegar em até 1/3 do valor comparado ao FLOT não residente. Para fins didáticos, o estudo propôs trabalhar somente com os valores onde há a utilização da ferramenta de orientação, registrando um total de execução de 60 minutos entre instalação e desinstalação dos componentes.

A operação de limpeza de *hubs*, atividade fundamental do Conjunto 3, consiste em remover incrustações e/ou vidas marinhas dos equipamentos a partir de ferramentas de limpeza operadas por ROVs a fim de permitir instalação de subequipamentos. Em certas ocasiões, a limpeza do *hub* está associada à necessidade de retirar as capas de proteção ou capas de teste. Por este motivo, quando realizadas no mesmo período programado, desinstalações de *tree caps* (Conjunto 2) podem interferir diretamente no tempo de execução da limpeza do *hub*, apresentando a maior média de tempo dentre todos os conjuntos de atividades no estudo. Ademais, a atividade em si depende muito da experiência do condutor do ROV e, dentro dos relatos da Petrobras, possui as maiores probabilidades de apresentar anomalias, gerando maiores desvios padrões em relação à média observada. Os valores representados na Tabela 1 para tal conjunto são equivalentes ao tempo médio de somente a realização da limpeza (4 horas aproximadamente).

Por fim, o Conjunto 4 consiste na instalação de flanges cego (ou cubo cego *grayloc*<sup>3</sup>) em conexões de dutos rígidos e flexíveis, a partir de materiais fornecidos pela Petrobras. O conjunto envolve preparação e manuseio do flange no convés, lançamento, instalação de estojos, torqueamento e teste de estaqueidade. Dentro das atividades previstas, a instalação de estojos é a que possui maior interdependência entre os outros conjuntos de atividades descritas anteriormente, envolvendo inspeção visual, limpeza, destorqueamento, medição de potencial eletroquímico, instalação e torqueamento do novo estojo.

---

<sup>3</sup> Tecnologia desenvolvida por Oceaneering. Para mais informações, ver: <https://www.oceaneering.com/grayloc-technology> (acesso em 29/10/2019).

Desta forma, torna-se mais complexa<sup>4</sup> a mensuração da performance. Para este estudo, a média de tempo para execução adotada foi de 180 minutos, podendo apresentar o mesmo comportamento observado no Conjunto 3.

Dada a apresentação da estrutura dos conjuntos de atividades com manipuladores de ROV, deu-se prosseguimento à conversão dos dados em unidades monetárias para mensurar as proporções desses custos em relação à diária da embarcação, considerando para o caso somente as operações de intervenção<sup>5</sup>. Essa elaboração pode ser observada na Tabela 11, com os valores aproximados por minuto de uma diária completa de atividades, isto é, 24 horas (ou 1440 minutos) ininterruptas de prestação de serviço.

Tabela 11: Dados monetários dos conjuntos de atividades em ROV

Operação submarina	Valor médio de execução (US\$) (A) <sup>i</sup>	Valor esperado com automação (B) <sup>i</sup>	$\Delta A/B$ (%)
Conjunto 1			
Abertura e fechamento de válvulas	6.789,54	3.394,77	50%
Colocação e retirada de <i>hot stab</i>	15.842,25	6.336,90	60%
Uso de <i>torque tool</i>	10.184,31	3.394,77	67%
Conjunto 2			
Instalação de <i>tree cap</i>	16.973,84	8.486,92	50%
Conexão de <i>flying leads</i>	33.947,69	8.486,92	75%
Conjunto 3			
Limpeza de <i>hub</i>	67.895,38	16.973,84	75%
Conjunto 4			
Instalação de flanges	50.921,53	16.973,84	67%

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

<sup>i</sup> Valores em US\$ a preços correntes.

Observando os dados oriundos da Tabela 11, nota-se que as argumentações anteriormente apresentadas corroboram com os valores monetários expressos, sobretudo na interdependência dos Conjuntos 3 e 4 em relação às atividades mais ordinárias. É evidente que os dados apresentem proporções diretas com o presente na Tabela 10, visto que foram multiplicados por um valor constante (valor da diária de embarcação por minuto), o que justifica as variações percentuais entre 50 e 75% das médias sem e com intermédio da automação, respectivamente.

Ademais, pode-se esperar margens ainda maiores com as atividades que possuem tempos de execução com alto desvio-padrão, como é o caso da instalação de *tree cap* e da limpeza de *hub*.

<sup>4</sup> Parte dessa complexidade também diz respeito ao uso correto da ferramenta, que deve possuir *handles* em múltiplas posições para facilitar o manuseio pelo manipulador do ROV.

<sup>5</sup> Apesar de haver uso de manipuladores para inspeções para casos de limpeza e medição de potencial eletroquímico, sua mensuração em tempo de execução é mais assertiva em inspeções programadas.

Ao realizar a soma dos valores monetários dos conjuntos, obtêm-se algumas importantes observações e desdobramentos, que podem ser verificados na Tabela 12.

Tabela 12: Soma dos custos das atividades com manipuladores

Conjunto de Operações	Valor sem automação (A)	Valor com automação (B)	Redução (A - B)
Conjunto 1	32.816,10	13.126,44	19.689,66
Conjunto 2	50.921,53	16.973,84	33.947,69
Conjunto 3	67.895,38	16.973,84	50.921,53
Conjunto 4	50.921,53	16.973,84	33.947,69
<b>Total</b>	<b>202.554,54</b>	<b>64.047,97</b>	<b>138.506,57</b>

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

<sup>i</sup> Valores em US\$ a preços correntes.

Com os valores monetários expressos na Tabela 12, espera-se que haja uma redução de custos de aproximadamente 59%<sup>6</sup> em relação aos conjuntos de operações realizados sem automação. Visto que são valores representativos a duas instalações simultâneas em árvores de natal molhada por mês, esses podem obter um impacto ainda mais significativo se analisado em período anual.

Além dos impactos diretos nos custos com as operações dos manipuladores, outros possíveis efeitos indiretos devem ser considerados como, por exemplo, a minimização de anomalias em riscos ambientais e diminuição do consumo de óleo diesel, necessário para o funcionamento das embarcações de ROVs.

Por fim, vale destacar a importância de um conjunto de atividades específicas ao monitoramento sísmico marítimo utilizando receptores pontuais (também conhecidos como *nodes*).

Por ser uma tecnologia disruptiva, pioneira no âmbito mundial, ela servirá para gerenciamento da produção dos reservatórios do Pré-Sal da Bacia de Santos. As hipóteses para sua implementação são os ganhos de qualidade intrínseca dos dados sísmicos - incluindo qualidade sísmica 4D - e ganhos de tempo de processamento destes dados. Além da maior flexibilidade operacional e qualidade dos dados, o conceito terá uma rápida capacidade de apropriação pela Petrobras, uma vez que a tecnologia já está madura e amplamente desenvolvida na empresa<sup>7</sup>.

As etapas previstas para as quais a tecnologia deverá passar são:

- Prototipagem, que inclui a produção de uma maquete em escala reduzida;
- Validação dos componentes e do sistema em escala laboratorial, ainda na fase de P&D;

<sup>6</sup> O percentual não englobou os custos associados a pessoal e logística, assim como a depreciação, reparos e manutenções necessárias.

<sup>7</sup> Um exemplo desse domínio são as estacas-torpedos, empregadas como meio de baixo custo para enterramento dos *nodes*.

- Testes em escala reduzida, ambiente controlado e incluindo a estaca instrumentada;
- Produção de cinco unidades constituídas de um Módulo Submarino de Aquisição de Dados Sísmicos (MSADS) e um Dispositivo de Transporte e Liberação de Estacas (DLTE);
- Teste de campo para validação da operação em condições realistas;
- Avaliação da prova de conceito final e recomendações para manufatura em escala comercial.

A justificativa para tal conceito estar dentro do estudo encontra-se nas operações do ROV com o Módulo de Estaca-Suporte (MES), MSADS, Módulo de Posicionamento e Alinhamento (MPA), sendo estas necessárias tanto para operações de instalação quanto de desinstalação dos componentes, cujos tempos de execução sem a automação e os previstos com a implementação da automação dos manipuladores podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13: Tempos de execução com operações do MSADS

Etapa/Descrição	Duração	
	Manual (min)	Automático (min)
Instalação		
Posicionar o MSADS no disco da estaca	12	5
Retirar capa protetora do conector elétrico e colocá-la no suporte	14	6
Retirar conector elétrico no jumper e colocar em painel de estaca	15	6
Desinstalação		
Desconectar do jumper do painel e colocar o conector elétrico	12	5
Recolocar a capa protetora no painel de estaca	14	6
Retirar o MSADS do disco da estaca	11	4

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

As etapas das operações que necessitam do auxílio do ROV consistem em lançar várias estacas-suporte em ambiente submarino, conectar os módulos permanentes e não-permanentes, registro sísmico, desconexão do módulo de eletrônica e recuperação dos dados registrados.

O MSADS, também conhecido como Módulo de Eletrônica, contém um suporte para que este seja suspenso por um ROV, além de um conector de conexão molhada, manuseável pelo manipulador presente no veículo, para colocá-lo ao painel da Estaca-suporte.

Inicialmente posiciona-se o MSADS no disco de estaca, procedimento que leva em média 12 minutos para execução. Em seguida, retira-se a capa protetora do conector elétrico no painel da estaca e coloca essa em seu suporte no painel, com uma estimativa de execução de aproximadamente 14 minutos. Compondo a etapa final de instalação, há a

retirada do conector elétrico na extremidade do *jumper*<sup>8</sup> no MSADS e realiza-se a conexão deste no painel da estaca, com tempo estimado de 15 minutos para realização. Espera-se que, com a automação dos manipuladores, haja uma redução média de 24 minutos entre todas as operações de instalação.

Para os processos de desinstalação, de início, a primeira etapa consiste em desconectar o *jumper* do painel da estaca e colocar o conector elétrico do *jumper* em seu suporte no Módulo de Eletrônica, com duração aproximada de 12 minutos. A etapa seguinte procura recolocar a capa protetora no conector elétrico do painel da Estaca-suporte, levando em média 14 minutos para sua execução. Por fim, realiza-se a operação de retirada do MSADS do disco de estaca por volta de 11 minutos. Da mesma maneira que nas instalações, com a automação espera-se que haja uma redução total cerca de 22 minutos.

Tabela 14: Valores das atividades realizadas com nodes

Etapa/Descrição	Valores (diária)		
	Manual (US\$) (A)	Automático (US\$) (B)	A/B(%)
Instalação			
Posicionamento do MSADS no disco da estaca	1.250,00	520,83	58,33
Retirar e colocar capa protetora do conector elétrico	1.458,33	625,00	57,14
Retirar e colocar conector elétrico no jumper	1.562,50	625,00	60,00
Desinstalação			
Desconectar do jumper e colocar o conector elétrico	1.250,00	520,83	58,33
Recolocar a capa protetora no conector elétrico	1.458,33	625,00	57,14
Retirar o MSADS do disco da estaca	1.145,83	416,67	63,64

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

<sup>i</sup> Valores em US\$ a preços correntes.

De maneira análoga ao apresentado nas Tabelas 11 e 12, os dados dos tempos de execução em operações com os módulos submarinos foram multiplicados por um valor da diária de embarcação proporcional por minuto. Para operações como essas, a embarcação mais adequada é a de pesquisa sísmica, cujo valor adotado foi de US\$161,9 mil<sup>9</sup>, e que pode ser observado na Tabela 14.

As variações percentuais presentes na última coluna corroboram a importância da automação nos processos envolvendo monitoramento sísmico<sup>10</sup>. Por permanente. Os valores monetários expressos podem ainda sofrer alterações significativas dependendo da diária estabelecida em contrato, dentro dos padrões internacionais para este tipo de atividade.

<sup>8</sup> Operações de conexões e desconexões de *jumper* elétrico consistem em realizar interligações/desconexões elétrica entre equipamentos e/ou subequipamentos submarinos com a finalidade de permitir comando e monitoramento eletroeletrônico a partir da superfície.

<sup>9</sup> Tanto em relatórios anuais das empresas prestadoras de serviços quanto a literatura acadêmica empírica utilizam de uma margem que, para os valores correntes, chegam entre US\$150 e US\$200 mil.

<sup>10</sup> Vale ressaltar que a instalação do Módulo de Posicionamento e Alinhamento (MPA) também pode ser autônomas. Para tal, espera-se que haja uma redução de 2 minutos, em média, entre as operações sem e com automação. Por ser uma oportunidade tecnológica em fase de exploração pela Petrobras, não há dados monetários concretos para serem levantados.

Quando representados em um período contratual de uma embarcação de pesquisa sísmica, as operações elucidadas na Tabela 15 possuem amplas margens de redução de custo com a automação.

Tabela 15: Valores proporcionais em período de contratação - nodes

Tipo de operação	Manual (US\$ 1000) mín <sup>ii</sup>	Automático (US\$ 1000) mín	Manual (US\$ 1000) máx <sup>iii</sup>	Automático (US\$ 1000) máx
Instalação	4.609,47	1.911,24	27.656,81	11.467,46
Desinstalação	4.159,76	1.686,39	24.958,58	10.118,34
<b>Total</b>	<b>8.769,23</b>	<b>3.597,63</b>	<b>52.615,39</b>	<b>21.585,80</b>
<b>Diferença</b>	<b>-</b>	<b>5.171,60</b>	<b>-</b>	<b>31.029,59</b>

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

<sup>i</sup> Valores em US\$ milhares a preços correntes.

<sup>ii</sup> Valores mínimos para um ciclo contratual operando em 1000 *nodes*.

<sup>iii</sup> Valores máximos para um ciclo contratual operando em 6000 *nodes*.

Quando agregadas as atividades de instalação e desinstalação dos Módulos de Eletrônica, a redução de custo pode variar de 5,2 a 31 milhões de dólares por contrato. A justificativa para o desvio padrão apresentado está na quantidade de intervenções já realizadas até então pela Petrobras por ciclos contratuais. Ademais, tal desvio padrão viabiliza as oportunidades tecnológicas presentes na automação do monitoramento sísmico, com o escopo de 2 anos e meio para tornar o sistema no mínimo semi-operacional.

Em suma, do ponto de vista financeiro, espera-se que a automação provenha reduções significativas de custos associadas aos manipuladores de ROV, seja em operações mais ordinárias, como aberturas e fechamentos de válvulas, seja em operações onde a Petrobras obterá o pioneirismo mundial, como nas operações de intervenções em *nodes all-in-two*.

Entretanto, para que a automação dos manipuladores seja considerada viável no âmbito econômico, verificou-se a necessidade de se avaliar a rentabilidade dos projetos de P&D associados, em uma metodologia de valoração amplamente utilizada por empresas e academia, e que será explorada na seção seguinte.

## 8.2 Modelo de valoração dos projetos de P&D

A fim de obterem vantagens competitivas que proporcionem lucros monopolísticos<sup>11</sup>, as empresas buscam inovações e o mercado, conseqüentemente, selecionam os resultados econômicos oriundos dessas mesmas inovações através de decisões estratégicas.

Essas estratégias podem ocorrer através de investimentos em P&D, atuando como ativos intangíveis e cujos esforços convertem-se em desenvolvimento de novos produtos, processos e/ou serviços. Os resultados deste processo são observáveis através dos impactos gerados na esfera empresarial, ou até mesmo no âmbito socioeconômico.

<sup>11</sup> A busca de oportunidades ou inovação, em seu sentido mais amplo, geram monopólios temporários, de menor ou maior período, até que sejam desafiados por novos concorrentes ou imitadores, tornando a concorrência um processo ativo e evolutivo de espaço e oportunidades tecnológicos. Para mais, ver (POSSAS, 2002).

No entanto, como discutido na introdução, os esforços para se investir em P&D possuem incertezas inerentes que tornam as atividades de difícil avaliação ex-ante. Para isso, a Teoria de Opções Reais apresenta-se como um método robusto para análises de cenários onde há presença de incerteza e flexibilidade gerencial de longo prazo (DIXIT; DIXIT; PINDYCK, 1994)mun2002real.

Considerando que todo projeto de P&D é, em essência, um projeto de investimento produtivo, este pode ser visto como um conjunto de opções reais. Dentre tais opções, as empresas detêm a capacidade de optar de adiar o investimento, cancelar novas etapas, alterar a escala produtiva (como é o caso de expansão e contração), abandonar por conta do excessivo ônus e opções de crescimento (MEIRELLES, 2004).

Para a construção da análise, utilizaram-se dados provenientes da última demonstração financeira da Petrobras e dos esforços de P&D, que estarão concentrados integralmente nos recursos alocados e esperados em parceria com o SENAI CIMATEC, e que podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 16: Variáveis utilizadas para modelo de valoração

Variáveis	Valor
Investimento na Fase 1	R\$ 1,34 mi
Investimento na Fase 2 <sup>a</sup>	R\$ 18 mi
VPL descontado	R\$ 20,23 mi
Volatilidade <sup>b</sup>	25%
Taxa risk-free	5%
Período da Fase 1	1 ano
Período da Fase 2	2 anos

Fonte: Petrobras. Elaboração dos autores.

<sup>a</sup> Valores e período estimado para a segunda fase do projeto.

<sup>b</sup> Volatilidade calculada através da simulação Monte Carlo baseado na metodologia AD<sup>2</sup>

O investimento para o projeto foi dividido em duas grandes fases: inicialmente, o desenvolvimento viável das provas de conceito para, em seguida, testar o desempenho da automação dos manipuladores em ambientes reais. Para isso, estima-se investimentos de aproximadamente R\$ 19,34 milhões em um período de 3 anos. Utilizando a simulação Monte Carlo, e baseado na convergência das respostas dos pesquisadores com a metodologia AD<sup>2</sup> (Advancement Degree of Difficulty)<sup>12</sup>, a volatilidade implícita dos fluxos de caixa esperados com o projeto é de 25%.

<sup>12</sup> A metodologia baseia-se na mensuração das dificuldades previstas no projeto para amadurecer o uso da tecnologia. Variáveis como custo, cronograma e os riscos inerentes às fases do projeto são consideradas na avaliação.

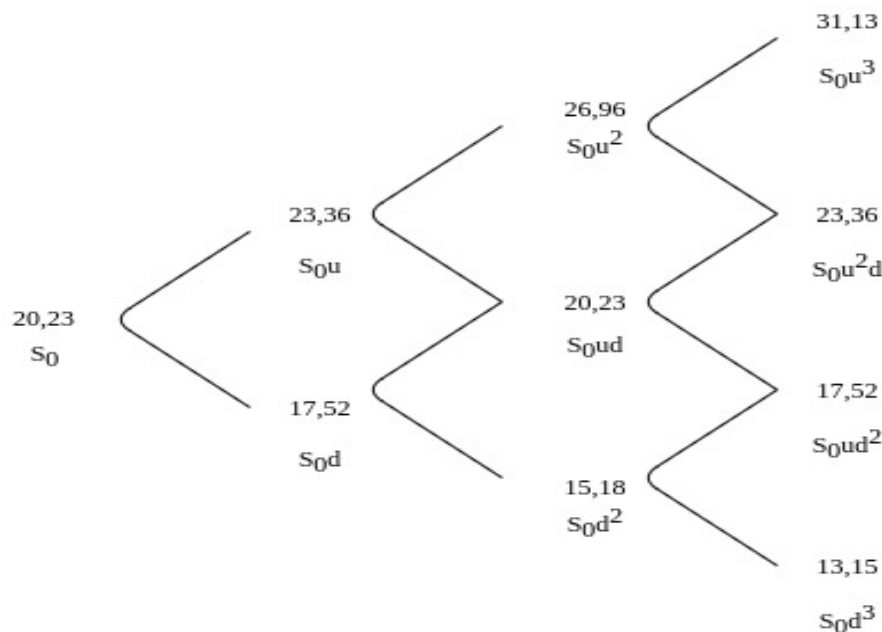


Figura 10: Construção inicial da árvore

Para a valoração estática dos lucros futuros, utilizou-se o modelo de fluxos de caixa descontado por uma taxa de desconto baseada no custo médio ponderado sobre o capital. A partir dos dados provenientes das demonstrações financeiras, a Petrobras teve, em 2018, 290 propriedades intelectuais (em grande parte, patentes) concedidas no Brasil e exterior. O valor adicionado recebido em alugueis, royalties e outros por conta de tais propriedades ficou em torno de R\$1,1 bilhão. Constatando os valores adicionados em períodos anteriores e dividindo pelas patentes concedidas, calculou-se o valor de R\$2,62 milhões por concessão, que serviu para a elaboração dos fluxos de caixa descontados, obtendo o resultado esperado de R\$20,23 milhões.

O cálculo da árvore inicial é similar às operações tradicionais de opções reais com ativos, calculando os fatores superiores e inferiores e envolvendo o valor presente dos fluxos de caixa futuros para os próximos três anos, presente na Figura 10.

No entanto, espera-se que o projeto possua duas fases de desenvolvimento. Para isso, foi estabelecido a opção composta sequencial, que ocorre quando um projeto tem múltiplas fases e o andamento para etapas subsequentes dependem necessariamente do sucesso prévio. Realizando os cálculos para a construção dos nós da primeira e segunda etapa, além dos valores estimados com o objetivo de manter ou abandonar o projeto, a análise das opções combinadas pode ser visualizada na Figura 11.

Os valores presentes líquidos (VPL) dos futuros fluxos de caixa esperados na análise corroboram com os percentuais dos fatores superiores e inferiores. Ademais, a probabilidade de sucesso é alta, visto que a prova de conceito se mostrou viável no âmbito técnico e possui desdobramentos positivos para futuras etapas.



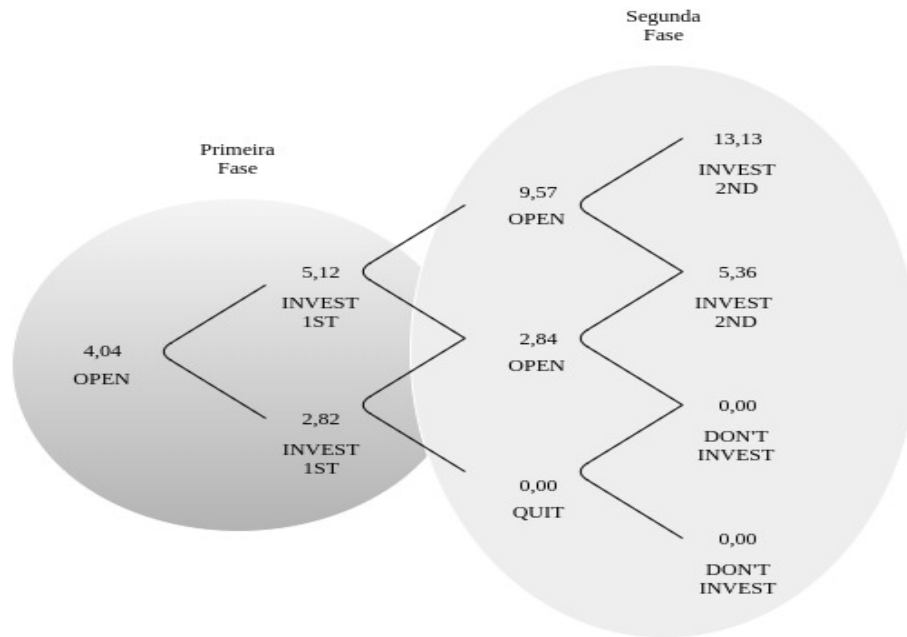


Figura 11: Construção inicial da árvore

A resposta positiva à primeira fase, apresentada nos valores do primeiro nó, abrem a possibilidade de investimentos para uma segunda fase de desenvolvimento. Mesmo em um cenário mais desfavorável, os futuros fluxos de caixa possuem valores acima das etapas anteriores, o que demonstra uma gradativa evolução tanto do ponto de vista financeiro quanto técnico, no que diz respeito à apropriação da tecnologia de automação dos manipuladores.

Na segunda fase, apesar de apresentar a metade dos nós com VPL maiores que zero, o cenário é positivo para novas concessões com a propriedade intelectual gerada pelo projeto de P&D em questão. Além disso, é importante reforçar que as árvores não se utilizaram de futuros fluxos de caixa e nem dos investimentos provenientes do monitoramento sísmico (*nodes all-in-two*), o que poderia gerar externalidades positivas ainda mais significativas, uma vez que a empresa detém a apropriabilidade tecnológica dos nodes.

Em síntese, é possível inferir que há retornos significativos com os esforços de P&D a serem realizados nos períodos subsequentes. Evidentemente que a análise de Opções Reais possui limitações, como não considerar riscos associados a grandezas macroeconômicas, ou levar em consideração a volatilidade como uma constante ao longo do tempo. Porém, diante dos cenários apresentados e da capacidade de apropriação sobre a tecnologia, o horizonte para exploração de novas oportunidades sobre automação dos manipuladores submarinos é favorável.

### 8.3 Conclusão análise econômica

A partir das análises efetuadas neste estudo, e do ponto de vista econômico, pode-se concluir que as hipóteses levantadas - reduções de custo de inspeção e intervenções com manipuladores de ROV, e ganhos de performance associados ao tempo de execução - foram corroboradas pelas significativas reduções tanto no tempo dos conjuntos de atividades quanto nos custos associados à realização destas, que apresentam valores entre 50 e 75% dos desempenhos atuais com os condutores.

Verificando o processo de valoração do projeto de P&D em questão, o cenário é favorável para que se realize novos esforços inovativos, uma vez que será possível não somente apropriar-se da tecnologia disruptiva como também dos lucros monopolísticos associados à concessão da propriedade intelectual para terceiros, que, no melhor cenário possível, pode chegar a 3,25 vezes o VPL apresentado no início do projeto.

Ao levar em consideração os custos associados com o monitoramento sísmico, as estimativas de redução são ainda mais otimistas se comparadas às atividades mais tradicionais realizadas com os manipuladores, ficando entre 57,14 e 63,64% comparando com os valores sem automação.

Por fim, faz-se uso de algumas possíveis recomendações para futuros desdobramentos destes estudos, como a valoração do projeto de monitoramento sísmico, avaliação *ex-post* dos ganhos associados à automação dos manipuladores de ROV, e os possíveis desdobramentos com as oportunidades tecnológicas futuros no tema.

## 9 CONCLUSÃO

Apesar de grande parte do desenvolvimento do projeto necessitar de informações do processo laboral no uso de ROV pela Petrobras, o desenvolvimento inicial mostrou-se adequado quanto aos objetivos inicialmente traçados.

A elaboração de todos os procedimentos de requisição de componentes foi analisado e concluído conforme cronograma, assim como as pesquisas iniciais sobre os desafios do manipuladores subaquáticos.

As ideias iniciais quanto das funcionalidades foram testadas de forma superficial e apresentaram resultados satisfatórios enquanto desenvolvimento de provas de conceito.

Pode-se concluir até este momento que a perspectiva na idealização da prova de conceito se mostra eficiente quanto a capacidade física do manipulador em desempenhar uma função pré-determinada, levando ao entusiasmo da equipe em continuar o desenvolvimento de forma desafiadora.



## REFERÊNCIAS

- 13628, I. Petroleum and natural gas industries—design and operation of subsea production systems. 2010. Citado na página 19.
- ANTONELLI, G. In: *Underwater Robots*. [S.l.]: Springer International Publishing Switzerland, 2014. Citado na página 20.
- ANTONELLI, G.; CHIAVERINI, S. A fuzzy approach to redundancy resolution for underwater vehicle-manipulator systems. *IFAC Proceedings Volumes*, Elsevier, v. 33, n. 21, p. 209–214, 2000. Citado na página 24.
- BARBIERI, L. et al. Design, prototyping and testing of a modular small-sized underwater robotic arm controlled through a master-slave approach. *Ocean Engineering*, Elsevier, v. 158, p. 253–262, 2018. Citado na página 23.
- BONSIGNORIO, F. Stochastic controllers for robust underwater mobile manipulation. In: *Field Robotics*. [S.l.]: World Scientific, 2012. p. 873–880. Citado na página 24.
- BOWEN, A. D. et al. The nereus hybrid underwater robotic vehicle for global ocean science operations to 11,000 m depth. In: IEEE. *OCEANS 2008*. [S.l.], 2008. p. 1–10. Citado na página 18.
- BOYLE, B.; MCMASTER, R.; NIXON, J. Concept evaluation trials of teleoperation system for control of an underwater robotic arm by graphical simulation techniques. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 17, n. 5, p. 242–250, 1995. Citado na página 25.
- BROOME, D.; LARKUM, T.; HALL, M. Subsea weld inspection using an advanced robotic manipulator. In: IEEE. 'Challenges of Our Changing Global Environment'. *Conference Proceedings. OCEANS'95 MTS/IEEE*. [S.l.], 1995. v. 2, p. 1216–1224. Citado na página 25.
- BRUNO, F. et al. Augmented reality visualization of scene depth for aiding rov pilots in underwater manipulation. *Ocean Engineering*, Elsevier, v. 168, p. 140–154, 2018. Citado na página 23.
- CAO, Y. et al. Accurate numerical methods for computing 2d and 3d robot workspace. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 8, n. 6, p. 76, 2011. Citado na página 18.
- CAPOCCI, R. et al. Inspection-class remotely operated vehicles—a review. *Journal of Marine Science and Engineering*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 5, n. 1, p. 13, 2017. Citado na página 16.
- CARIGNAN, C. R.; LANE, J. C.; AKIN, D. L. Control architecture and operator interface for a free-flying robotic vehicle. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, IEEE, v. 31, n. 3, p. 327–336, 2001. Citado na página 25.
- CHANG, C. C.; CHANG, C. Y.; CHENG, Y. T. Distance measurement technology development at remotely teleoperated robotic manipulator system for underwater constructions.

In: IEEE. *Proceedings of the 2004 international symposium on underwater technology (IEEE Cat. No. 04EX869)*. [S.l.], 2004. p. 333–338. Citado na página 16.

CHRIST, R. D.; SR, R. L. W. *The ROV manual: a user guide for remotely operated vehicles*. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2013. Citado na página 16.

CORKE, P. *Robotics, Vision and Control, volume 73 of Springer Tracts in Advanced Robotics*. [S.l.]: Springer Berlin; Heidelberg, 2011. Citado na página 20.

DAVEY, V. S. et al. *Non-Destructive Examination of Underwater Welded Structures*. [S.l.]: Woodhead Publishing, 1999. v. 1372. Citado na página 16.

DENKET, M. A. *Frontiers in Robotics Research*. [S.l.]: Nova Publishers, 2006. Citado na página 20.

DIXIT, A. K.; DIXIT, R. K.; PINDYCK, R. S. *Investment under uncertainty*. [S.l.]: Princeton university press, 1994. Citado na página 59.

FERNÁNDEZ, J. J. et al. Grasping for the seabed: Developing a new underwater robot arm for shallow-water intervention. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, IEEE, v. 20, n. 4, p. 121–130, 2013. Citado na página 21.

FROM, P. J.; GRAVDAHL, J. T.; PETTERSEN, K. Y. *Vehicle-Manipulator Systems Modeling for Simulation, Analysis, and Control*. [S.l.]: Springer London, 2014. Citado na página 20.

GOLEA, N.; GOLEA, A.; BENMAHAMMED, K. Fuzzy model reference adaptive control. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, IEEE, v. 10, n. 4, p. 436–444, 2002. Citado na página 17.

GREIG, A.; BROOME, D. The arm (automated remote manipulation) project. In: IET. *IEE Colloquium on Next Steps for Industrial Robotics*. [S.l.], 1994. p. 5–1. Citado na página 20.

GUANGYI, Z. et al. Research on underwater safety inspection and operational robot motion control. In: IEEE. *2018 33rd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC)*. [S.l.], 2018. p. 322–327. Citado na página 23.

HENEY, P. Features-forestry equipment strikes fear into trees-forestry applications-both in the field and in processing plants-require fluid power's brute force and exact positioning. *Hydraulics and Pneumatics-Cleveland*, [Cleveland: Industrial Pub. Corp., 1960-, v. 53, n. 11, p. 31–34, 2000. Citado na página 25.

HOANG, N. Q.; KREUZER, E. Adaptive pd-controller for positioning of a remotely operated vehicle close to an underwater structure: Theory and experiments. *Control Engineering Practice*, Elsevier, v. 15, n. 4, p. 411–419, 2007. Citado na página 24.

HOSSEINI, M. K. et al. A composite rigid body algorithm for modeling and simulation of an underwater vehicle equipped with manipulator arms. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, American Society of Mechanical Engineers, v. 128, n. 2, p. 119–132, 2006. Citado na página 24.

ISHIMI, K. et al. Manipulation system for subsea operation. In: IEEE. *Fifth International Conference on Advanced Robotics' Robots in Unstructured Environments*. [S.l.], 1991. p. 1348–1353. Citado na página [18](#).

JONES, D. O. Using existing industrial remotely operated vehicles for deep-sea science. *Zoologica Scripta*, Wiley Online Library, v. 38, p. 41–47, 2009. Citado na página [16](#).

JUN, B.-H.; LEE, P.-M.; LEE, J. Manipulability analysis of underwater robotic arms on rovs and application to task-oriented joint configuration. In: IEEE. *Oceans' 04 MTS/IEEE Techno-Ocean'04 (IEEE Cat. No. 04CH37600)*. [S.l.], 2004. v. 3, p. 1548–1553. Citado na página [24](#).

KAISER, M. J. The role of factor and activity-based models in offshore operating cost estimation. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Elsevier, v. 174, p. 1062–1092, 2019. Citado na página [51](#).

KAZAKIDI, A.; TSAKIRIS, D. P.; EKATERINARIS, J. A. Impact of arm morphology on the hydrodynamic behavior of a two-arm robotic marine vehicle. *IFAC-PapersOnLine*, Elsevier, v. 50, n. 1, p. 2304–2309, 2017. Citado na página [23](#).

KIM, J.; YU, S.-C. Convolutional neural network-based real-time rovs detection using forward-looking sonar image. In: IEEE. *2016 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV)*. [S.l.], 2016. p. 396–400. Citado na página [24](#).

KURUMAYA, S. et al. A modular soft robotic wrist for underwater manipulation. *Soft robotics*, Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, NY 10801 USA, v. 5, n. 4, p. 399–409, 2018. Citado na página [23](#).

LANE, D. et al. Planning and control for co-ordination of underwater manipulators. In: IET. *International Conference on Control 1991. Control'91*. [S.l.], 1991. p. 493–498. Citado na página [25](#).

LAPIERRE, L.; FRAISSE, P.; M'SIRDI, N. K. Hybrid position/force control of a rovs with a manipulator. In: IEEE. *IEEE Oceanic Engineering Society. OCEANS'98. Conference Proceedings (Cat. No. 98CH36259)*. [S.l.], 1998. v. 2, p. 931–935. Citado na página [25](#).

LARKUM, T.; BROOME, D. Advanced controller for an underwater manipulator. In: *IEEE International Conference on Control Applications, Glasgow, United Kingdom*. [S.l.: s.n.], 1994. p. 1081–1086. Citado na página [25](#).

LEBORNE, F. et al. Dynamic modeling and identification of an heterogeneously actuated underwater manipulator arm. In: IEEE. *2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. [S.l.], 2018. p. 1–9. Citado na página [23](#).

LEE, P.-M. et al. Navigation and control system of a deep-sea unmanned underwater vehicle'hemire'. In: IEEE. *OCEANS 2006-Asia Pacific*. [S.l.], 2007. p. 1–8. Citado na página [24](#).

LIU, W. D.; LI, X. Y.; GAO, L. Design of a gateway for remotely underwater vehicles. In: TRANS TECH PUBL. *Applied Mechanics and Materials*. [S.l.], 2012. v. 209, p. 2138–2141. Citado na página [24](#).

MARANI, G.; CHOI, S. K.; YUH, J. Underwater autonomous manipulation for intervention missions auvs. *Ocean Engineering*, Elsevier, v. 36, n. 1, p. 15–23, 2009. Citado na página [20](#).

MARCHAND, E. et al. Controlling an uninstrumented rov manipulator by visual servoing. In: IEEE. *MTS/IEEE Oceans 2001. An Ocean Odyssey. Conference Proceedings (IEEE Cat. No. 01CH37295)*. [S.l.], 2001. v. 2, p. 1047–1053. Citado na página [25](#).

MARCHAND, E. et al. Controlling the manipulator of an underwater rov using a coarse calibrated pan/tilt camera. In: IEEE. *Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No. 01CH37164)*. [S.l.], 2001. v. 3, p. 2773–2778. Citado na página [25](#).

MARCHAND, E. et al. Controlling an uninstrumented manipulator by visual servoing. *The International Journal of Robotics Research*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 21, n. 7, p. 635–647, 2002. Citado na página [25](#).

MARDIYANTO, R. et al. Development of hand gesture recognition sensor based on accelerometer and gyroscope for controlling arm of underwater remotely operated robot. In: IEEE. *2017 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*. [S.l.], 2017. p. 329–333. Citado na página [23](#).

MCLAIN, T. W.; ROCK, S. M.; LEE, M. J. Experiments in the coordination of underwater manipulator and vehicle control. In: IEEE. *'Challenges of Our Changing Global Environment'. Conference Proceedings. OCEANS'95 MTS/IEEE*. [S.l.], 1995. v. 2, p. 1208–1215. Citado na página [25](#).

MEIRELLES, J. L. F. *A teoria de opções reais como instrumento de avaliação de projetos de investimento*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2004. Citado na página [59](#).

NOÉ, S. et al. Surface samples in belgica mound province hovland mound province, west rockall bank and northern porcupine bank. in: Ratmeyer, v., hebbeln, d. & shipboard party: Report and preliminary results of rv meteor cruise m61/3. Universität Bremen, 2006. Citado na página [16](#).

NOVI, G. D. et al. A new approach for a reconfigurable autonomous underwater vehicle for intervention. In: IEEE. *2009 3rd Annual IEEE Systems Conference*. [S.l.], 2009. p. 23–26. Citado na página [24](#).

PALOMERAS, N. et al. I-auv docking and intervention in a subsea panel. In: IEEE. *2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. [S.l.], 2014. p. 2279–2285. Citado na página [24](#).

PALOMERAS, N. et al. I-auv docking and panel intervention at sea. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 16, n. 10, p. 1673, 2016. Citado na página [24](#).

PANDIAN, S. R.; SAKAGAMI, N. A neuro-fuzzy controller for underwater robot manipulators. In: IEEE. *2010 11th International Conference on Control Automation Robotics & Vision*. [S.l.], 2010. p. 2135–2140. Citado na página [17](#).



- PORETTI, M.; BENSON, B.; RAUCH, C. Design of modular camera tool for mini underwater rovs. In: IEEE. *2013 OCEANS-San Diego*. [S.l.], 2013. p. 1–4. Citado na página 24.
- POSSAS, M. L. Concorrência schumpeteriana. *Economia industrial: Fundamentos teóricos e prática no Brasil*. Rio de Janeiro, Brazil: Campus, 2002. Citado na página 58.
- PYBULLET Home Page. 2019. <<https://pybullet.org/wordpress/>>. Accessed: 2019-03-12. Citado na página 31.
- QIAO, L.; ZHANG, L.; ZHANG, W. Robust adaptive pid control for positioning of remotely operated vehicle working in close proximity of an underwater structure. In: IEEE. *2016 35th Chinese Control Conference (CCC)*. [S.l.], 2016. p. 5780–5785. Citado na página 23.
- RIBAS, D. et al. Girona 500 auv: From survey to intervention. *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, IEEE, v. 17, n. 1, p. 46–53, 2011. Citado na página 16.
- RIBAS, D. et al. I-auv mechatronics integration for the trident fp7 project. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, IEEE, v. 20, n. 5, p. 2583–2592, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- RIDAO, P. et al. Intervention auvs: the next challenge. *IFAC Proceedings Volumes*, Elsevier, v. 47, n. 3, p. 12146–12159, 2014. Citado na página 24.
- RIZZO, D. et al. Kinematic performances evaluation of a hydraulic underwater manipulator. In: IEEE. *OCEANS 2017-Aberdeen*. [S.l.], 2017. p. 1–6. Citado na página 23.
- SCHEBOR, F. S. Virtual environment for undersea telepresence. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICS AND PHOTONICS. *Telem manipulator and Telepresence Technologies II*. [S.l.], 1995. v. 2590, p. 23–33. Citado na página 25.
- SICILIANO, B. et al. *Robotics: modelling, planning and control*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010. Citado na página 20.
- SIMON, D.; KAPELLOS, K.; ESPIAU, B. Control laws, tasks and procedures with orccad: Application to the control of an underwater arm. *International journal of systems science*, Taylor & Francis, v. 29, n. 10, p. 1081–1098, 1998. Citado na página 25.
- SIVČEV, S. et al. Underwater manipulators: A review. *Ocean Engineering*, Elsevier, v. 163, p. 431–450, 2018. Citado 4 vezes nas páginas 15, 16, 17 e 23.
- SIVČEV, S. et al. Collision detection for underwater rov manipulator systems. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 18, n. 4, p. 1117, 2018. Citado na página 23.
- SIVČEV, S. et al. Fully automatic visual servoing control for work-class marine intervention rovs. *Control Engineering Practice*, Elsevier, v. 74, p. 153–167, 2018. Citado na página 23.
- SPONG, M. W.; HUTCHINSON, S.; VIDYASAGAR, M. Robot modeling and control, jon wiley & sons. Inc., ISBN-100-471-649, 2005. Citado na página 20.
- STANWAY, M. J.; KINSEY, J. C. Rotation identification in geometric algebra: Theory and application to the navigation of underwater robots in the field. *Journal of Field Robotics*, Wiley Online Library, v. 32, n. 5, p. 632–654, 2015. Citado na página 24.

SUBOH, S. M. et al. Modeling and control of 2-dof underwater planar manipulator. CSIR, 2009. Citado na página 17.

SVERDRUP-THYGESON, J. et al. The underwater swimming manipulator-a bio-inspired auv. In: IEEE. *2016 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (AUV)*. [S.l.], 2016. p. 387–395. Citado na página 24.

WANG, L. et al. A novel hybrid control method for the underwater manipulator. In: IEEE. *2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing*. [S.l.], 2008. v. 1, p. 790–794. Citado na página 17.

YAO, J. et al. Development of a 7-function hydraulic underwater manipulator system. In: IEEE. *2009 International Conference on Mechatronics and Automation*. [S.l.], 2009. p. 1202–1206. Citado na página 20.

ZEREIK, E. et al. 3d-belief space planning for underwater mobile grasping. In: IEEE. *OCEANS 2015-Genova*. [S.l.], 2015. p. 1–6. Citado na página 24.

ZHANG, J. et al. Development of a virtual platform for telepresence control of an underwater manipulator mounted on a submersible vehicle. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, IEEE, v. 64, n. 2, p. 1716–1727, 2016. Citado na página 23.

ZHANG, Q. et al. 7000m pressure experiment of a deep-sea hydraulic manipulator system. In: IEEE. *2014 Oceans-St. John's*. [S.l.], 2014. p. 1–5. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 20.

ZOPPI, M.; MOLFINO, R. Armilleye: flexible platform for underwater stereo vision. *Journal of Mechanical Design*, American Society of Mechanical Engineers, v. 129, n. 8, p. 808–815, 2007. Citado na página 24.

ZUYAO, Y. et al. Design and analysis of a three-dof underwater manipulator. In: IEEE. *Proceedings of 2011 International Conference on Fluid Power and Mechatronics*. [S.l.], 2011. p. 237–241. Citado na página 20.

## APÊNDICE A

### Questões de abordagem à pesquisa



## RELAÇÃO DAS QUESTÕES

### Petrobras

1. Mapeamento do processo produtivo dependente das atividades dos manipuladores. (para verificar os impactos do ganho eficiência nas atividades totais da empresa). Há atividades que ficam paradas até a conclusão das operações ROVs para dar seguimento? Quais?

11/04/2019 – reunião com César Lima<sup>2)</sup>

*As intervenções com manipuladores estão presentes em todas as etapas do processo de produção da Petrobrás (perfuração, completação, e extração). (Macaé).*

---

2. ROVs com manipuladores também são utilizados nas paradas de manutenção? Se sim, precisaremos de alguns casos de parada de manutenção no último ano para saber tempo, operações executadas pelos manipuladores e valor gasto pelo serviço. Este serviço já está no contrato com o fornecedor ou é um adicional?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*Ocorrem paradas de produção de vez em quando, principalmente para manutenções corretivas (mas também podem ser preventivas). Porém ele acha que não há manutenções programadas regulares nos moldes das paradas de manutenção de fábricas. Os ManiSub também participam destas operações todas. Quanto antes a produção for retomada, maior o ganho da empresa. Não soube dizer quanto tempo a produção ficou parada em casos recentes. (Macaé).*

---

3. Existem outras intervenções que não são realizadas por ROVs com manipuladores? Poderiam ser realizadas por eles? A limitação é tecnológica ou econômica?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*O que é possível de ser feito, tem sido.*

---

4. Existem demandas não atendidas pelas prestadoras de serviço? Quais? Por quê?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*Não identificou nenhuma demanda que os fornecedores não consigam atender. Disse que o maior problema está na disponibilidade de barcos. Que é um serviço muito disputado. Operações acabam sendo atrasadas, principalmente quando ocorrem emergências de outros clientes e eles precisam esperar.*

<sup>2</sup> Observação: a palavra Macaé é porque o César não tinha informações tão detalhadas. Disse que quem poderá nos ajudar com isto melhor é o pessoal em campo em Macaé.

<sup>5</sup> Observations: The word “Macaé” in the answers is because Cesar did not have many detailed information. Field stall in Macae will probably help us out more.

## ISSUES LIST

### Petrobras

1. Detailed explanation of Petrobras’ productive process involving underwater manipulators. Are there activities that are paralyzed waiting for the manipulators to intervene? Which ones? (The objective of this question is to understand e gather information to try to estimate efficiency gains from using autonomous manipulators).

11/04/2019 – meeting with César Lima<sup>5</sup> a

Interventions with manipulators occur in all stages of Petrobras' production process (drilling, completion, and extraction). (Macaé).

2. Are there total production interruptions to do large maintenance procedures? Are the manipulators used in these procedures? If so, we need detailed information: activities done, time spent, price of service.

11/04/2019 – meeting with César Lima

Production stops occur from time to time, especially for corrective maintenance (but can also be preventive). However he thinks that there are not scheduled maintenance (in the molds of factory maintenance shutdowns). ManiSub also participates in all these operations. Hence, the sooner the production is resumed, the greater the gain of the company. He did not know how for long the production stopped in recent cases. (Macaé).

3. Are there underwater interventions that are not realized by ROVs? Could they be done by them? Why are they not? (economic or technological limitations?)

11/04/2019 – meeting with César Lima

What could be done has already been done.

4. Is there any demand from Petrobras not attended from ROV’s suppliers? Which ones? Why?

11/04/2019 – meeting with César Lima

He did not identified any demand that suppliers do not already meet. He said the biggest issue is the availability of boats. It is a very disputed service. Operations end up being delayed, especially when there are emergencies from other

*Além disso a logística para as operações em mar é muito mais complexa. (Macaé).*

---

5. Produção final de hidrocarboneto e gás poderá ser alterada em função da atividade dos manipuladores? Se sim, qual parcela da produção total pode sofrer alteração?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*Além das paradas de manutenção que podem ser aceleradas, Cesar acredita que a própria atividade rotineira com uso de manipuladores pode ser mais eficiente e resultar em aumento de produção total, a depender das atividades que forem automatizadas (Macaé).*

---

6. Valores dos contratos atuais da prestação de serviço de ROVs com manipuladores. Quais os componentes do contrato (operação + manutenção)? Qual o regime de contrato (por intervenção, por hora)? Há contrato de sobre aviso?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*Não soube detalhar os contratos dos serviços. Nem ele tem muito acesso aos valores direito. Comentou que uma vez precisou para análise de um projeto e utilizou uma informação de valor de contrato que saiu na mídia (dividiu pelo tempo contratual, descontando alguns dias que o barco não funciona em função de problemas técnicos – que ocorrem as vezes – para chegar a um valor diário). Mencionou que o valor diário deve ser uns U\$ 60.000,00 ou mais. Porém é possível solicitar ao financeiro o contrato, já que a companhia é obrigada por lei a fornecer informações aos cidadãos.*

---

7. Relação dos acidentes já ocorridos em função das atividades com manipuladores (de trabalho, ambiental ou material) - data, descrição e valores dos prejuízos.

11/04/2019 – reunião com César Lima

*Sobre acidentes/incidentes: Não tem informações. Pessoal de Macaé pode ajudar melhor, mas imagina que não teremos muitas informações e com muitos detalhes.*

---

8. A Petrobrás tem conseguido aplicar em projetos todos os recursos da cláusula de investimento em P&D ou há alguma parcela nos últimos anos que tenha ficado sem destino e precisou ser paga à ANP com multa?

11/04/2019 – reunião com César Lima

customers. Because of that Petrobras has stay in waiting queue. In addition, logistics for offshore operations is much more complex. (Macaé).

---

5. Ceteris Paribus, could the final hydrocarbon production be modified due to manipulator's performance improvements? Are there other production capacity defining factors blocking any gains in terms of production that could come from manipulator autonomy?

11/04/2019 – meeting with César Lima

In addition to the maintenance shutdowns that can be accelerated, Cesar believes that routine activity with the use of manipulators can be more efficient and result in increased production, depending on the activities that are automated (Macaé).

---

6. Value of current contracts with ROV' suppliers. Contract details such as: activities/interventions developed, working time, number of people involved and which activities they perform, and so on. Is there any contract for emergency support/on watch activities?

11/04/2019 – meeting with César Lima

He did not know details of contracts. Nor does he have much access to the values. He commented that once he needed to analyze a project and used contract value information that came out in the media (he used total value divided by contractual time, discounted a few days that the boat does not work due to technical problems - which sometimes occur - to get to a daily value). He mentioned that the daily value should be about \$ 60,000.00 or more. However, it is possible to ask the financial department for the contract, since the company is obliged by law to provide information to the citizens

---

7. Overview of incidents and accidents (work, environment or material) that happened due to ROV interventions. When, How, Why and loss value.

11/04/2019 – meeting with César Lima

About accidents / incidents: he has no information. Macaé staff can help us better. However he thinks that we will not have much detailed information about that. (macae)

---

8. Has Petrobrás been able to apply all the resources of the R&D investment clause (1% of gross income) in R&D projects, or has any portion of it been left

*Disse que a Petrobrás tem cumprido a regra de investimento de 1% em P&D, mas que as vezes a ANP, após analisar os projetos, retira alguma coisa de lá. Que buscam sempre que estes investimentos sejam aplicados em projetos que trarão lucrativos para a empresa, mas que a empresa tem dificuldade em encontrar projetos de P&D. (Eu acho que o financeiro precisa confirmar isto).*

---

9. Como a necessidade de intervenção é identificada/planejada?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*As necessidades de intervenção são identificadas a partir de inspeção e monitoramento realizada pelo pessoal da operação e da inspeção do sistema de submarino. Na sala de controle tem equipes 24 hrs controlando diversas variáveis, especialmente pressão, temperatura e vazão. Tudo é gravado e registrado. Quando qualquer variável sai do controle, muitas vezes é preciso descer para ver o que está ocorrendo e em grande parte das vezes utilizam-se manipuladores. Também identificam problemas através de inspeção rotineira com ROV. (macaé)*

---

10. Toda intervenção é para realizar manutenção ou também operações rotineiras?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*Fazem atividades de rotina e de manutenção (preditiva e corretiva). Acha que fazem uso quase que diariamente dos ManiSub.*

---

11. Quais e como (descrição, duração, equipe necessária) são as intervenções mais comuns realizadas com ROVs?

11/04/2019 – reunião com César Lima

*As atividades de intervenção são bastante variadas. Exemplos: pode ser abrir/fechar válvula, cortar chapa, medir temperatura, fazer limpeza, etc. Contudo, não soube dizer todas, nem quais são as mais frequentes, nem quais apresentam melhor potencial para ser automatizada. Pensa que a melhor opção é usar ManiSub autônomos nas atividades rotineiras.*

*Usam ROV com sistema de lançamento tanto do tipo TMS/cordão umbilical, quanto free swimming. Ele acha que o mais utilizado é o free swimming, mas não tem certeza. (Macaé)*

---

12. Quais são os principais padrões de comunicação com os ROVs? Protocolos proprietários? Software/frameworks proprietários? Tipos de conexão com o ROV (standards)

11/04/2019 – reunião com César Lima

*Padrões de comunicação, softwares e protocolos são proprietários. (fornecedores/fabricantes poderão responder melhor).*

---

without destination in recent years and therefore needed to be sent directly to The Brazilian National Agency of Petroleum to the ANP (with a fine)?

11/04/2019 – meeting with César Lima

Cesar said that Petrobrás has complied with the R&D investment clause, but that sometimes the ANP, after analyzing the projects, takes some things out of it. Petrobras always looks for investments that can bring profit to the company, but the company usually has a hard time finding R&D projects. (I think the financial department needs to confirm this).

---

9. How the need of intervention is identified/planned?

11/04/2019 – meeting with César Lima

The intervention needs are identified from the inspection and monitoring performed by the operation and inspection staffs of the submarine system. In the control room there are teams 24 hrs/day controlling many variables, especially pressure, temperature and flow. Everything is recorded and registered. When any variable goes out of control, it is often necessary to go down to see what is occurring. Manipulators are often used in these operations. Also there are routine inspections with ROV. (Macaé)

---

10. Are interventions only for maintenance or also for routine activities?

11/04/2019 – meeting with César Lima

Routine and maintenance (predictive and corrective). Cesar thinks manisub are used almost daily.

---

11. Which are the most frequent intervention made by manisub? How are they done? (time spent, description of task, so on).

11/04/2019 – meeting with César Lima

The intervention activities are quite varied. Examples: manipulators can open/close valves, cut steel sheet, measure temperature, clean, and so forth. However, he could not list them all, nor say which ones are the most frequent and which ones have the best potential to be automated. He thinks the best cost-benefic is to use autonomous ManiSub in routine activities.

---

12. What are the main communication patterns with ROVs? Proprietary protocols? Software /

13. Como são alocadas/fixadas as ferramentas no ROV?

11/04/2019 – reunião com César Lima

As ferramentas são fixadas no ROV em locais embaixo dele, ou também eles precisam subir para trocar de ferramenta, neste caso gastam muito tempo e custam mais para a empresa.

---

14. Quais são os fornecedores de serviços de ROV com manipuladores? Nos colocar em contato com eles para que possamos coletar informações de operação e valores. Se também tiverem contato com fabricantes de ROVs com manipuladores, nos colocar em contato também. (projeto precisa ser conjunto com fornecedores de serviços e fabricantes dos ROVs).

Fornecedores e Fabricantes identificados	Validar
BELOV (Brasil)	
DOF (Noruega)	
ECA group (França) - fabricante	
Forum (EUA) - fabricante	
Fugro (Holanda)	
GNOM ROV (Rússia)	
IKM GRUPPEN (Noruega)	
I-TECH (Brasil)	
Kraft (EUA) - fabricante	
OCEANEERING (EUA)	
OCEÂNICA (Brasil)	
OGSEA (Brasil)	
OUTLAND TECHNOLOGY (Brasil)	
Petrus (Brasil)	
Saipem (Itália)	
SEASEEP (Brasil)	
SISTAC (Brasil)	
Soldstat offshore (Noruega)	
TechnipFMC (Reino Unido e EUA) – fabricante e serviços	
UNDERWATER GROUP (Brasil)	

11/04/2019 – reunião com César Lima

Ele não teve tempo de olhar a lista dos fornecedores que passamos na semana passada. Irá fazer isto agora e nos passar aqueles que são os mais utilizados e com quem tem contatos. Ressaltou a importância de conversarmos com fabricantes e fornecedores porque eles terão que topa tudo. Além disso, o uso de manipuladores autônomos pode levar a mudanças em requisitos que os fornecedores tenham em relação à Petrobras e mudanças em contratos. Isto não é do escopo do nosso trabalho, mas ele acha muito interessante questionarmos os fornecedores sobre isto e colocar no trabalho as informações que os fornecedores passarem sobre isto (especialmente sobre os requisitos).

---

proprietary frameworks? Types of connection with ROV (standards).

11/04/2019 – meeting with César Lima

They are proprietary standards. (Manufacturers and suppliers may answer it better).

---

13. How are the tools allocated / fixed in the ROV?

11/04/2019 – meeting with César Lima

The tools are attached to the ROV in places below it. When this is not possible, the ROVs need to go to the surface to change tool. In this case, much more time is spent and it is more costly for the company.

---

14. Who are the main Petrobras' ROV suppliers? We need to be in put in touch with them so we can collect operational information and values. We need also contact of ROV manufacturers. (The project needs to be conceived in "partnership" with service suppliers and ROV/manisub manufactures). How are the tools allocated / fixed in the ROV?

11/04/2019 – meeting with César Lima

Cesar will get back to us with this.

He stressed the importance of involving suppliers and manufacturers as informal partners in this project since they are the ones who put the technology in the market.

---

Service Suppls	Validation
BELOV (Brazil)	
DOF (Norwat)	
ECA group (França) - manufacturer	
Forum (USA) - manufacturer	
Fugro (Netherlands)	
GNOM ROV (Russia)	
IKM GRUPPEN (Norway)	
I-TECH (Brazil)	
Kraft (USA) - manufactuer	
OCEANEERING (USA)	
OCEÂNICA (Brazil)	
OGSEA (Brazil)	
OUTLAND TECHNOLOGY (Brazil)	
Petrus (Brazil)	
Saipem (Itála)	
SEASEEP (Brazil)	
SISTAC (Brazil)	
Soldstat offshore (Norway)	
TechnipFMC (UK e USA) – manufacturer and suppliers	
UNDERWATER GROUP (Brazil)	



### ***Fornecedores e fabricantes***

1. Tempo médio das atividades com os manipuladores.
2. Estimativa de novo valor do serviço com manipuladores autônomos.
3. Estimativa de redução de tempo do serviço em função do uso dos manipuladores autônomos.
4. Quais e como (descrição, duração, equipe necessária) são as intervenções mais comuns realizadas com ROVs?
5. Identificação de onde/como se pode ter ganho de eficiência pela introdução da tecnologia autônoma e (se possível) gerar informações que permitam quantificar este ganho.
6. Auxílio também na identificação dos riscos na atividade atual e minimização destes com a automação.
7. Quais são os fabricantes de ROVs com manipuladores? Nos colocar em contato com eles para que possamos coletar informações de operação e valores.
8. Qual a experiência mínima de cada profissional (em horas) que opera ROVs/manipuladores?
9. A prestadora de serviço treina os próprios profissionais para operar manipuladores?
10. Quais são os principais padrões de comunicação com os ROVs? Protocolos proprietários? Software/frameworks proprietários? Tipos de conexão com o ROV (standards).
11. Como são alocadas/fixadas as ferramentas no ROV?
12. Preço atual dos serviços.

### ***Manufacturers & Suppliers***

1. Average time spent on the activities with the manipulators.
2. Estimation of the value of the service using autonomous manipulators.
3. Estimation of time reduction in service supply due to using autonomous manipulators.
4. What and how are the most frequent interventions realized with the ROVs/manipulators (description, duration, required staff, and so for)
5. Identification of how one can gain efficiency by introducing autonomous technology and (if possible) generate information to quantify this gain (where can efficiency come from?) Could these gains be quantified?
6. Identification of risks minimized by the usage of autonomous manipulators. What new risks can arise?
7. (Just for suppliers) Who are the manufacturers of the manipulators? Could you put us in contact with them?
8. What is the minimum experience of each professional (in hours) that operates ROVs / manipulators?
9. Do the service suppliers train the professionals themselves to operate manipulators?
10. What are the main communication patterns with ROVs? Proprietary protocols? Software / proprietary frameworks? Types of connection with ROV (standards).
11. How are the tools allocated / fixed in the ROV?
12. Rent price of services.



## **ANEXO A**

### **Relatório de busca de anterioridade**



**RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA**  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

<b>Dados da Solicitação</b>	<b>Data:</b>	14/03/2019	<b>Nº Pedido:</b>	08/2019
<b>Nome</b>	Marco Reis		<b>HH:</b>	3h
<b>E-mail</b>	marcoreis@fieb.org.br		<b>Telefone:</b>	071 999 82 62 62
<b>Unidade</b>	Senai Cimatec			
<b>Área/Núcleo</b>	Automação - Robótica			
<b>Nome do Projeto</b>	ManiSub			
<b>Empresa Parceira</b>	Petrobras			
<b>Agência de Fomento</b>	ANP + Embrapii			
<b>Resp. pela busca</b>	Maria do Carmo			
<b>Dados de Subsídio a Busca</b>				
<b>Título Provisório</b>	Manipulador Subaquático Autônomo			
<b>Descrição detalhada</b>				
<p><i>Faça uma descrição do objeto de pesquisa, especificando as suas diferenças em relação aos atuais ou qual é a inovação do produto, processo ou aplicação foco desta pesquisa.</i></p> <p>O projeto refere-se ao desenvolvimento de um manipulador autônomo, ou seja, o mesmo toma as suas próprias decisões. O principal objetivo do projeto é projetar e construir uma prova de conceito para subsidiar a análise de viabilidade técnica-econômica de automatizar operações submarinas com manipuladores em ROV – <i>Remotely Operated Vehicle</i> (veículo submarino operado remotamente). Este manipulador que será o tema central terá 6DoF (degree of freedom, em português, graus de liberdade) e terá como base uma plataforma móvel como referência a simulação do ambiente marinho. O projeto ainda abrangerá o detalhamento das operações mais usuais do uso de manipuladores em ROV, estudo do estado da arte dos manipuladores subaquáticos. Além disso o projeto deverá elaborar uma análise de viabilidade técnico-econômica com o objetivo de automatizar algumas operações desempenhadas por manipuladores subaquáticos.</p>				
<b>PALAVRAS-CHAVE: Termos técnicos ou científicos e sinônimos em português e inglês (insira quantas linhas forem necessárias)</b>				
<b>Português</b>		<b>Inglês</b>		
Manipulação subaquática		Underwater manipulation		
Manipulador subaquático		Underwater manipulator		
Manipulador subaquático autônomo		Autonomous underwater manipulator		
Braço robótico subaquático		Underwater robot arm		
Braço robótico subaquático autônomo		Autonomous underwater robot arm		
Robótica submarina		Marine robotics		
ROV		ROV		
Veículo Operado Remotamente		Remotly Operated Vehicle		
Controle de manipuladores subaquático		Underwater manipulator control		
<b>Justificativa da Solicitação (Projeto com empresa? Projeto com órgão de fomento? Pesquisa Aplicada? Desenvolvimento Interno?)</b>				
<p>A utilização de veículos remotamente operado (ROV) compacto para inspeção submarina sempre teve uma vantagem inerente de menores custos de aquisição e operacionais, em parte devido ao seu pequeno tamanho e capacidade de lançamento a partir da instalação de suporte, sem a necessidade de um navio de apoio. A introdução de elementos que favoreçam a automação destes ROVs deve ser analisada do ponto de vista técnico e econômico. O desenvolvimento deste projeto visa analisar os ganhos em termos de redução de exposição de pessoal a riscos referentes a mergulho e também os benefícios econômicos em comparação à prática atual. Logo, ter um panorama da área de pesquisa referente a artigos e patentes desenvolvidos neste ambiente é importante para a elaboração e desenvolvimento do projeto.</p>				
<b>Bancos de Dados</b>				
<b>Bancos de Dados</b>	INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial		www.inpi.gov.br	
	ESPACENET – European Patent Office		pt.espacenet.com	
	USPTO – United States Patent and Trademark Office		www.uspto.gov	
	SCIELO – Scientific Eletronic Library on line		www.scielo.com.br	

## RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA

### Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	Portal de Periódicos da CAPES WIPO – Organização Mundial de Propriedade Intelectual Google patents <b>Clarivate Analytics - Derwent Innovation</b> Outros	<a href="http://www.periodicos.capes.gov.br">www.periodicos.capes.gov.br</a> <a href="http://www.wipo.int">www.wipo.int</a> <a href="http://www.google.com/patents">www.google.com/patents</a> <a href="http://www.derwentinnovation.com">www.derwentinnovation.com</a>
Estratégia da busca	<i>Busca Simples e Avançada em todas as bases de dados incluindo CIP-Classificação Internacional de Patentes</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• Palavras-chave em título (expressão completa) e resumo de documentos de patentes com uso de conectores Booleanos, conforme manual de cada base.</li><li>• Busca por número de Classificação Internacional de Patentes (CIP)</li></ul>	
Informações Gerais		
A busca prévia de anterioridade é uma amostragem e não verifica os documentos de patentes que estão em período de sigilo, que é de 18 meses a partir da data de pedido de depósito nos escritórios oficiais de proteção da propriedade intelectual. Portanto se algum documento similar ou igual estiver no período de sigilo, não estarão disponíveis nos bancos de dados de patentes. Além disso, a busca prévia não garante a abrangência do campo de pesquisa bibliográfica na totalidade da literatura técnica publicada no mundo.		

#### Resultados da Pesquisa de Anterioridade de Tecnologia realizada na *Derwent Innovation*

Conforme dados abaixo, realizamos 4 pesquisas de anterioridade de tecnologias nos bancos de dados referenciados, tendo como ferramenta principal de busca a **Derwent Innovation**. Identificamos patentes relacionadas ao objeto da pesquisa solicitado “**Manipulador Subaquático Autônomo**”, conforme dados abaixo.

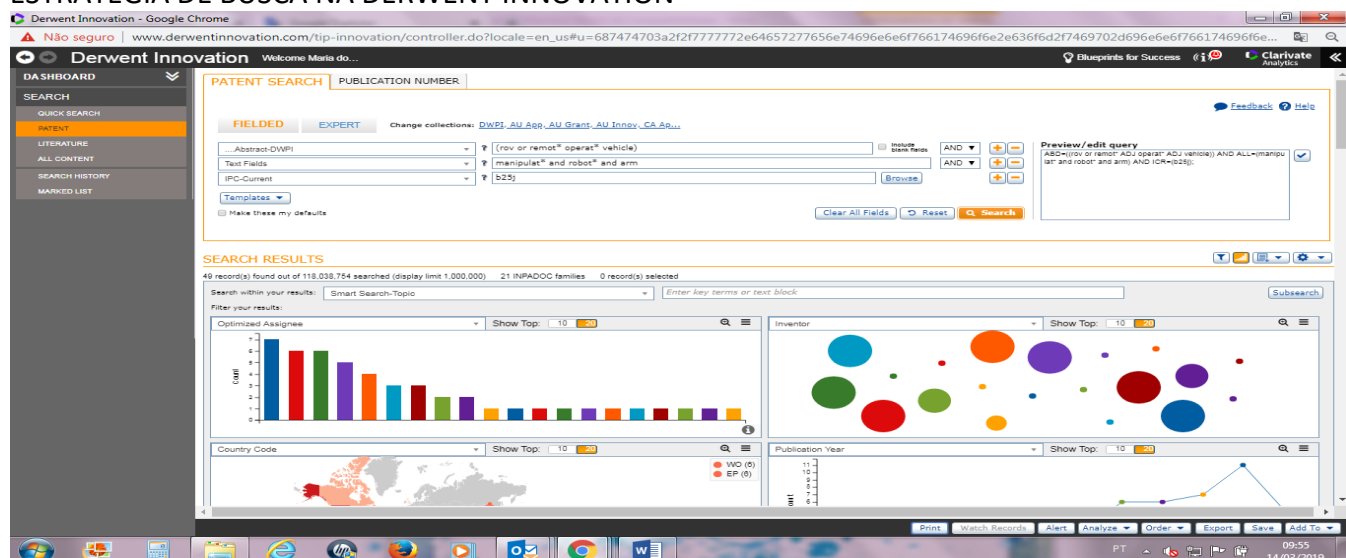
#### ESTRATÉGIA DE BUSCA

- Banco de dados: *Derwent Innovation* (<https://www.derwentinnovation.com/login/>)
- Bases de dados: patentes
- Período: 2000 a 2018
- Tema: *(rov or remot\* operat\* vehicle) and manipul\* and robot\* and arm*
- lpc-corrent: b25j
- Campo: *Abstract DWPI*

Para a pesquisa de anterioridade de tecnologia na base de dados da Patentes, com a estratégia de busca acima, tivemos o resultado com **21 documentos de patentes** que devem ser analisadas pelos pesquisadores da área solicitante.

#### Resultados da Pesquisa feita pelo NPI (a ser preenchido pelo NPI):

#### ESTRATÉGIA DE BUSCA NA DERWENT INNOVATION

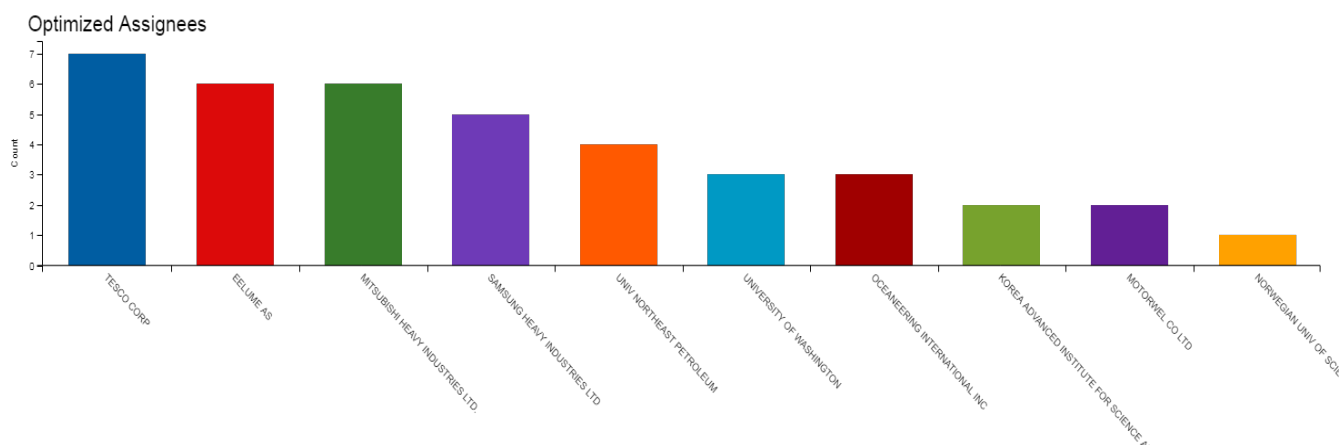


## RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA

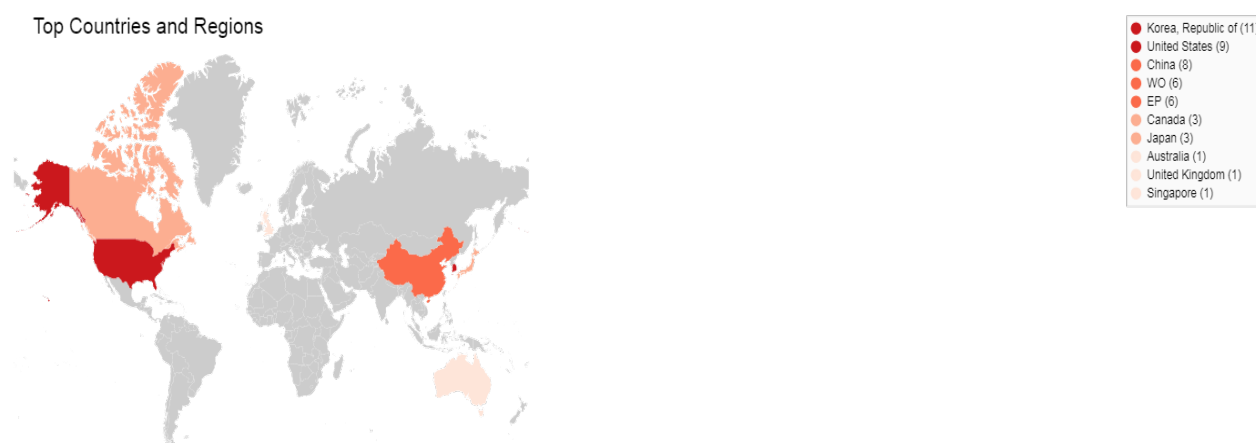
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

O gráfico abaixo apresenta os principais depositantes de patentes:

1. TESCO CORP: 7 record(s)
2. EELUME AS: 6 record(s)
3. MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.: 6 record(s)
4. SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD: 5 record(s)
5. UNIV NORTHEAST PETROLEUM: 4 record(s)
6. UNIVERSITY OF WASHINGTON: 3 record(s)
7. OCEANEERING INTERNATIONAL INC: 3 record(s)
8. KOREA ADVANCED INSTITUTE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY: 2 record(s)
9. MOTORWEL CO LTD: 2 record(s)
10. NORWEGIAN UNIV OF SCIENCE & TECHNOLOGY (NTNU): 1 record(s)



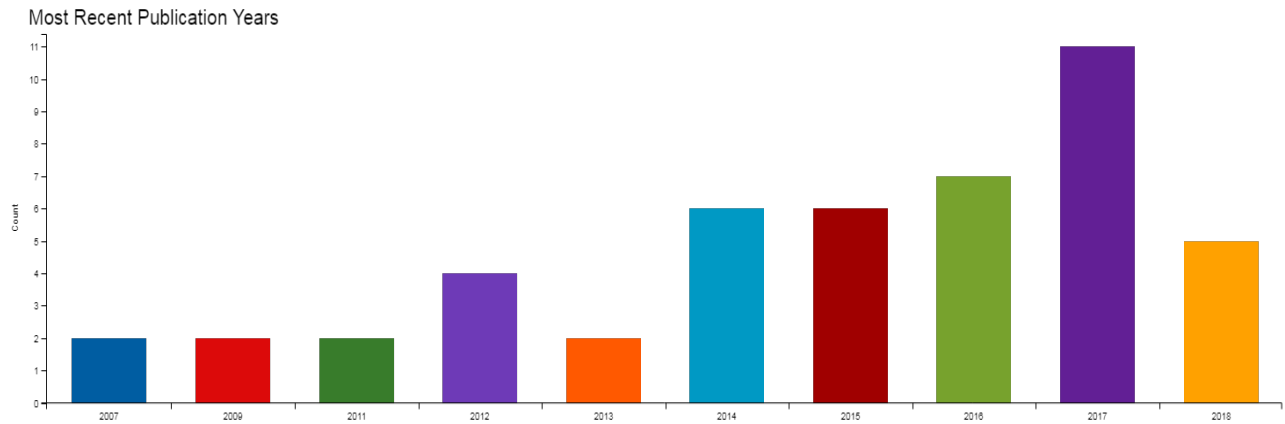
Conforme gráfico abaixo, a Coréia é o país com maior número de patentes (11 registros), em seguida vem os EUA com 9 registros e a China com 3. Os 6 registros de patentes com a sigla WO são de famílias de patentes registradas na Organização Internacional de Propriedade Intelectual (OMPI/WIPO), através do *Patent Cooperation Treaty* (PCT), que permite o depósito de patentes em aproximadamente 145 países durante 30 meses, conhecida como fase internacional. Após os 30 meses, os depositantes devem indicar os países para entrada no pedido de patentes na fase nacional.



## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

Conforme gráfico abaixo, 2017 foi o ano com maior número de patentes registradas pelos principais depositantes (11 registros).





Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

REFERÊNCIAS DE DOCUMENTOS DE PATENTES

PATENT RESULT SET

Thursday, March 14 2019


Derwent Innovation

Search results for: ABD=((rov or remot\* ADJ operat\* ADJ vehicle)) AND ALL=(manipulat\* and robot\* and arm) AND ICR=(b25j);  
Collections searched: DWPI, US Granted, Australian Innovation, Canadian Applications, US Applications, Australian Granted, French Granted, French Applications, European Granted, Australian Applications, German Utility Models, European Applications, British Applications, British Granted, German Granted, WIPO Applications, Canadian Granted, German Applications, Russian Utility Models, Russian Applications, Chinese Utility Models, Indonesian Simple, Korean Utility Models, Singaporean Applications, Chinese Granted, Indonesian Applications, Korean Granted/Examined, Thai Granted/Examined, Chinese Applications, Japanese Utility Models, Korean Applications, Vietnamese Granted, Indian Granted, Japanese Granted, Malaysian Granted, Vietnamese Applications, Indian Applications, Japanese Applications, Singaporean Granted, Other Authorities

49 record(s) found out of 118,038,754 searched (display limit 1,000,000)




21 INPADOC families

0 record(s) selected

Publication Number	Optimized Assignee	Publication Date	Application Date	Relevancy
JP2018 505784 A	-	2018-03-01	2016-01-13	39
<b>DWPI Drawing:</b> 	<b>Title:</b> 水中マニピュレータアームロボット <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> 複数の関節モジュール2によって互いに連結されている複数のリンクであって、水中マニピュレータアームロボットの曲げ動作を発生させる複数のリンクと、前記水中マニピュレータアームロボットの胴体の複数の異なる部位に配置された複数の駆動デバイス6、8、18であって、前記水中マニピュレータアームロボットに駆動力を加えて推進およびまたは誘導させる複数の駆動デバイス6、8、18と、前記水中マニピュレータアームロボットに取り付けられる少なくとも一つのツール12、14、または前記水中マニピュレータアームロボットに取り付けられるツールを連結する少なくとも一つの連結部と、を有し、前記曲げ動作およびまたは前記複数の駆動デバイスによって、前記水中マニピュレータアームロボットを動かすこと、並びに前記ツールの向きおよびまたは位置を調整することが可能になっている水中マニピュレータアームロボット。【選択図】図1			
CA2973 295A1	EELUME AS	2016-08-04	2016-01-13	668
<b>DWPI Drawing:</b>	<b>Title:</b> UNDERWATER <b>MANIPULATOR ARM ROBOT</b> <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> An underwater <b>manipulator arm robot</b> comprises: a plurality of links that are connected to one another by joint modules (2) for generating a flexural motion of the <b>robot</b> ; multiple thrust devices (6), (8), (18) located at different points along the length of the <b>robot</b> for applying thrust to			





## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	the <b>robot</b> for propulsion and/or guidance; and at least one tool (12), (14), or at least one connection point for a tool, attached to the <b>robot</b> ; wherein the flexural motion and/or thrust devices (6), (8), (18) enable movement of the <b>robot</b> and control of the orientation and/or location of the tool (12), (14)			
KR2017 129707 A	EELUME AS	2017-11-27	2016-01-13	593
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> OMITTED <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> An underwater <b>manipulator arm robot</b> comprises: a plurality of links that are connected to one another by joint modules (2) for generating a flexural motion of the <b>robot</b> ; multiple thrust devices (6), (8), (18) located at different points along the length of the <b>robot</b> for applying thrust to the <b>robot</b> for propulsion and/or guidance; and at least one tool (12), (14), or at least one connection point for a tool, attached to the <b>robot</b> ; wherein the flexural motion and/or thrust devices (6), (8), (18) enable movement of the <b>robot</b> and control of the orientation and/or location of the tool (12), (14)			
SG1120 170562 4A1	EELUME AS	2017-08-30	2016-01-13	574
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> UNDERWATER <b>MANIPULATOR ARM ROBOT</b> <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> An underwater <b>manipulator arm robot</b> comprises: a plurality of links that are connected to one another by joint modules (2) for generating a flexural motion of the <b>robot</b> ; multiple thrust devices (6), (8), (18) located at different points along the length of the <b>robot</b> for applying thrust to the <b>robot</b> for propulsion and/or guidance; and at least one tool (12), (14), or at least one connection point for a tool, attached to the <b>robot</b> ; wherein the flexural motion and/or thrust devices (6), (8), (18) enable movement of the <b>robot</b> and control of the orientation and/or location of the tool (12), (14)			
WO201 612007 1A1	NORWEGIAN UNIV OF SCIENCE & TECHNOLOGY (NTNU)	2016-08-04	2016-01-13	573
<b>DWPI Drawin g:</b>	<b>Title:</b> UNDERWATER <b>MANIPULATOR ARM ROBOT</b> <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> An underwater <b>manipulator arm robot</b> comprises: a plurality of links that are connected to one another by joint modules (2) for generating			




## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	a flexural motion of the <b>robot</b> ; multiple thrust devices (6), (8), (18) located at different points along the length of the <b>robot</b> for applying thrust to the <b>robot</b> for propulsion and/or guidance; and at least one tool (12), (14), or at least one connection point for a tool, attached to the <b>robot</b> ; wherein the flexural motion and/or thrust devices (6), (8), (18) enable movement of the <b>robot</b> and control of the orientation and/or location of the tool (12), (14)			
EP3250345A1	EELUME AS	2017-12-06	2016-01-13	566
 <b>DWPI Drawin g:</b>	<b>Title:</b> UNDERWATER <b>MANIPULATOR ARM ROBOT</b> <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> An underwater <b>manipulator arm robot</b> comprises: a plurality of links that are connected to one another by joint modules (2) for generating a flexural motion of the <b>robot</b> ; multiple thrust devices (6), (8), (18) located at different points along the length of the <b>robot</b> for applying thrust to the <b>robot</b> for propulsion and/or guidance; and at least one tool (12), (14), or at least one connection point for a tool, attached to the <b>robot</b> ; wherein the flexural motion and/or thrust devices (6), (8), (18) enable movement of the <b>robot</b> and control of the orientation and/or location of the tool (12), (14)			
US20180021945A1	EELUME AS	2018-01-25	2017-07-27	565
 <b>DWPI Drawin g:</b>	<b>Title:</b> UNDERWATER <b>MANIPULATOR ARM ROBOT</b> <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> An underwater <b>manipulator arm robot</b> comprises: a plurality of links that are connected to one another by joint modules for generating a flexural motion of the <b>robot</b> ; multiple thrust devices located at different points along the length of the <b>robot</b> for applying thrust to the <b>robot</b> for propulsion and/or guidance; and at least one tool, or at least one connection point for a tool, attached to the <b>robot</b> ; wherein the flexural motion and/or thrust devices enable movement of the <b>robot</b> and control of the orientation and/or location of the tool			
AU2016212374A1	EELUME AS	2017-08-03	2016-01-13	563
 <b>DWPI Drawin g:</b>	<b>Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> <b>DWPI Title:</b> Underwater <b>manipulator arm robot</b> i.e. ground based snake submersible <b>robot</b> for mapping and monitoring e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has thrust devices located at points for applying thrust to <b>robot</b> , where motion enables movement of <b>robot</b> <b>Abstract:</b> An underwater <b>manipulator arm robot</b> comprises: a plurality of links that are connected to one another by joint modules (2) for generating a flexural motion of the <b>robot</b> ; multiple thrust devices (6), (8), (18) located at different points along the length of the <b>robot</b> for applying thrust to the <b>robot</b> for propulsion and/or guidance; and at least one tool (12), (14), or at least one connection point for a tool, attached to the <b>robot</b> ; wherein			


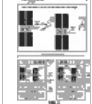
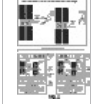
# Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

## RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	the flexural motion and/or thrust devices (6), (8), (18) enable movement of the <b>robot</b> and control of the orientation and/or location of the tool (12), (14)			
KR1381105B1	SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD	2014-04-02	2012-04-30	318
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> <b>ROBOT</b> CONTROL SYSTEM AND <b>ROBOT</b> CONTROL METHOD USING THE SAME <b>DWPI Title:</b> <b>Robot</b> management system for managing remote job <b>robot</b> or <b>remotely operated vehicle</b> used for doing various underwater works, has input module that inputs pilot signal to remote job <b>robot</b> through bus lines connected through tether cable <b>Abstract:</b> In the invention is the bus lines and remote location, it is about the <b>robot</b> management system, which together operates the <b>robot</b> and the method for operating with <b>robot</b> uses the same. According to one aspect of the present invention, provided is the remote job <b>robot</b> through the tether cable; the wireless communication module which receives the article 2 distinguished minister of state call from the remote location through the wireless communication network; the input module which the first pilot signal is input as to the <b>robot</b> management system installed at the bus lines connected through the tether cable to the remote job <b>robot</b> ( <b>ROV: remotely operated vehicle</b> ) the first pilot signal and the cable communication module <b>robot</b> management system included transmits the article 2 distinguished minister of state call			
KR2013122392A	SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD	2013-11-07	2012-04-30	325
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> <b>ROBOT</b> CONTROL SYSTEM AND <b>ROBOT</b> CONTROL METHOD USING SAME <b>DWPI Title:</b> <b>Robot</b> management system for managing remote job <b>robot</b> or <b>remotely operated vehicle</b> used for doing various underwater works, has input module that inputs pilot signal to remote job <b>robot</b> through bus lines connected through tether cable <b>Abstract:</b> The present invention relates to a <b>robot</b> control system which controls a <b>robot</b> in a mother ship and a remote place and a <b>robot</b> control method using the same. According to the embodiment of the present invention, the <b>robot</b> control system using the <b>robot</b> which is installed on the mother ship connected to a <b>remote operated vehicle robot</b> via a tether cable and which includes an input module receiving an input of first control signals; a wireless communication module which receives second control signals via a wireless communication network from a remote place; and a cable communication module which receives the first and second control signals from the <b>remote operated vehicle robot</b> via the tether cable can be provided © KIPO & KIPI 2014			
US20170106537A1	UNIVERSITY OF WASHINGTON	2017-04-20	2016-09-02	322
<b>DWPI Drawin g:</b>	<b>Title:</b> Haptic Virtual Fixture Tools <b>DWPI Title:</b> Processing method for defining and utilizing virtual fixtures for haptic navigation within e.g. underwater environment involves utilizing corresponding virtual fixture that provides haptic feedback based on position of virtual <b>robotic</b> tool <b>Abstract:</b> Apparatus and methods for defining and utilizing virtual fixtures for haptic navigation within real-world environments, including underwater environments, are provided. A computing device can determine a real-world object within a real-world environment. The computing device can receive an indication of the real-world object. The computing device can determine a virtual fixture that corresponds to the real-world object based on the indication, where aspects of the virtual fixture are configured to align with aspects of the real-world object. The computing device			




Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	<p>can provide a virtual environment for manipulating the robotic tool to operate on the real-world object utilizing the virtual fixture. The virtual fixture is configured to provide haptic feedback based on a position of a virtual robotic tool in the virtual environment that corresponds to the robotic tool in the real-world environment</p>			
<p>WO2015134391A1</p>	<p>UNIVERSITY OF WASHINGTON</p>	<p>2015-09-11</p>	<p>2015-03-02</p>	<p>318</p>
<p><b>DWPI Drawings:</b></p> 	<p><b>Title:</b> HAPTIC VIRTUAL FIXTURE TOOLS  <b>DWPI Title:</b> Processing method for defining and utilizing virtual fixtures for haptic navigation within e.g. underwater environment involves utilizing corresponding virtual fixture that provides haptic feedback based on position of virtual robotic tool  <b>Abstract:</b> Apparatus and methods for defining and utilizing virtual fixtures for haptic navigation within real-world environments, including underwater environments, are provided. A computing device can determine a real-world object within a real-world environment. The computing device can receive an indication of the real-world object. The computing device can determine a virtual fixture that corresponds to the real-world object based on the indication, where aspects of the virtual fixture are configured to align with aspects of the real-world object. The computing device can provide a virtual environment for manipulating the robotic tool to operate on the real-world object utilizing the virtual fixture. The virtual fixture is configured to provide haptic feedback based on a position of a virtual robotic tool in the virtual environment that corresponds to the robotic tool in the real-world environment</p>			
<p>EP3114677A1</p>	<p>UNIVERSITY OF WASHINGTON</p>	<p>2017-01-11</p>	<p>2015-03-02</p>	<p>318</p>
<p><b>DWPI Drawings:</b></p> 	<p><b>Title:</b> HAPTIC VIRTUAL FIXTURE TOOLS  <b>DWPI Title:</b> Processing method for defining and utilizing virtual fixtures for haptic navigation within e.g. underwater environment involves utilizing corresponding virtual fixture that provides haptic feedback based on position of virtual robotic tool  <b>Abstract:</b> Apparatus and methods for defining and utilizing virtual fixtures for haptic navigation within real-world environments, including underwater environments, are provided. A computing device can determine a real-world object within a real-world environment. The computing device can receive an indication of the real-world object. The computing device can determine a virtual fixture that corresponds to the real-world object based on the indication, where aspects of the virtual fixture are configured to align with aspects of the real-world object. The computing device can provide a virtual environment for manipulating the robotic tool to operate on the real-world object utilizing the virtual fixture. The virtual fixture is configured to provide haptic feedback based on a position of a virtual robotic tool in the virtual environment that corresponds to the robotic tool in the real-world environment</p>			
<p>JP2007098567A</p>	<p>HITACHI LTD</p>	<p>2007-04-19</p>	<p>2006-09-25</p>	<p>312</p>
<p><b>DWPI Drawings:</b></p>	<p><b>Title:</b> AUTONOMOUS CONTROL TYPE ROBOT AND ITS CONTROL DEVICE  <b>DWPI Title:</b> Autonomous control type robot e.g. pet robot has independent system for safe monitoring of operation of robot  <b>Abstract:</b></p>			

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	<p>PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an autonomous control type <b>robot</b> capable of making an emergency responding control</p> <p>SOLUTION: The autonomous control type <b>robot</b> is structured as capable of making the emergency responding control by monitoring the safety of the <b>robot</b> operation through an independent system provided separately from the autonomous control system</p> <p>COPYRIGHT: (C)2007, JPO&amp;INPIT</p> <p>COPYRIGHT: (C)2006, JPO&amp;NCIPI</p>			
CN108313241A	UNIV NORTHWESTERN POLYTECHNICAL	2018-07-24	2018-03-16	198
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<p><b>Title:</b> Electromagnetic adsorption underwater working <b>robot</b> based on <b>ROV</b> platform</p> <p><b>DWPI Title:</b> <b>ROV</b>-based platform electromagnetic absorption mechanical <b>arm robot</b>, has left floating plate fixed with right floating plate, and image module fixed with acrylic plate cabin that is provided with mechanical <b>arm</b></p> <p><b>Abstract:</b> The invention claims a <b>ROV</b>-based platform of electromagnetic absorption mechanical <b>arm robot</b>, relating to the field of underwater <b>robot</b>, the invention is based on electromagnetic absorption mechanical <b>armrobot ROV, robot</b> platform through four electromagnetic absorption mechanical <b>arm</b> in underwater walking by image module of image and operator cabin real time feedback to two mechanical <b>arm</b> for realizing remote operation, underwater operation. The invention has small volume, single person can carry, convenient working and four thrusters to realize omnidirectional autonomous movement in the water, the front work machine are two changeable arms to realize the fast moving in the water, stable working capacity. performing cruising is far away the ship through absorption, prolong the working time and improves the energy utilization rate, because it has the electromagnetic absorbing ability in complex water area to execute the task, can be widely applied to pipeline detection and maintenance, boat maintenance underwater operation</p>			
CA2722073C	TESCO CORP	2016-02-09	2009-04-27	185
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<p><b>Title:</b> REMOTELY-OPERATED ROPE-THREADING TOOL</p> <p><b>DWPI Title:</b> Remotely-operated tool for threading flexible element e.g. rope through threaded socket of e.g. pole, has arms extended and retracted into guiding channels to pull end of flexible object away from arms and drawn through socket</p> <p><b>Abstract:</b> A tool for threading a rope through a distant eye or around an object out of reach, such as for elevating tarps into trees, or placing fall protection lines, or securing a distant object. The tool has two curved arms that extend out from the body in unison and converge at a point where the end of the rope is passed from one <b>arm</b> to the other. The arms are then retracted back into the body, pulling the rope through the eye or around the object. The arms are extended by pulling one control line and retracted by pulling a second control line. The tool is typically mounted on the end of a pole, although other mountings are possible. The shape of the tool enables ropes to be threaded through a large number of eye configurations and around objects of varying sizes, even if there are obstructions adjacent the eye.</p>			
WO2009132432A1	TESCO CORP	2009-11-05	2009-04-27	160
<b>DWPI Drawin g:</b>	<p><b>Title:</b> REMOTELY-OPERATED ROPE-THREADING TOOL</p> <p><b>DWPI Title:</b> Remotely-operated tool for threading flexible element e.g. rope through threaded socket of e.g. pole, has arms extended and retracted into guiding channels to pull end of flexible object away from arms and drawn through socket</p>			


Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	<b>Abstract:</b> A tool for threading a rope through a distant eye or around an object out of reach, such as for elevating tarps into trees, or placing fall protection lines, or securing a distant object. The tool has two curved arms that extend out from the body in unison and converge at a point where the end of the rope is passed from one arm to the other. The arms are then retracted back into the body, pulling the rope through the eye or around the object. The arms are extended by pulling one control line and retracted by pulling a second control line. The tool is typically mounted on the end of a pole, although other mountings are possible. The shape of the tool enables ropes to be threaded through a large number of eye configurations and around objects of varying sizes, even if there are obstructions adjacent the eye			
EP2280893A1	TESCO CORP	2011-02-09	2009-04-27	160
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> REMOTELY-OPERATED ROPE-THREADING TOOL <b>DWPI Title:</b> Remotely-operated tool for threading flexible element e.g. rope through threaded socket of e.g. pole, has arms extended and retracted into guiding channels to pull end of flexible object away from arms and drawn through socket <b>Abstract:</b> A tool for threading a rope through a distant eye or around an object out of reach, such as for elevating tarps into trees, or placing fall protection lines, or securing a distant object. The tool has two curved arms that extend out from the body in unison and converge at a point where the end of the rope is passed from one arm to the other. The arms are then retracted back into the body, pulling the rope through the eye or around the object. The arms are extended by pulling one control line and retracted by pulling a second control line. The tool is typically mounted on the end of a pole, although other mountings are possible. The shape of the tool enables ropes to be threaded through a large number of eye configurations and around objects of varying sizes, even if there are obstructions adjacent the eye			
CA2722073A1	TESCO CORP	2009-11-05	2009-04-27	160
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> REMOTELY-OPERATED ROPE-THREADING TOOL <b>DWPI Title:</b> Remotely-operated tool for threading flexible element e.g. rope through threaded socket of e.g. pole, has arms extended and retracted into guiding channels to pull end of flexible object away from arms and drawn through socket <b>Abstract:</b> A tool for threading a rope through a distant eye or around an object out of reach, such as for elevating tarps into trees, or placing fall protection lines, or securing a distant object. The tool has two curved arms that extend out from the body in unison and converge at a point where the end of the rope is passed from one arm to the other. The arms are then retracted back into the body, pulling the rope through the eye or around the object. The arms are extended by pulling one control line and retracted by pulling a second control line. The tool is typically mounted on the end of a pole, although other mountings are possible. The shape of the tool enables ropes to be threaded through a large number of eye configurations and around objects of varying sizes, even if there are obstructions adjacent the eye.			
US20110042979A1	TESCO CORP	2011-02-24	2010-10-27	159
<b>DWPI Drawin g:</b>	<b>Title:</b> REMOTELY-OPERATED ROPE-THREADING TOOL <b>DWPI Title:</b> Remotely-operated tool for threading flexible element e.g. rope through threaded socket of e.g. pole, has arms extended and retracted into guiding channels to pull end of flexible object away from arms and drawn through socket <b>Abstract:</b> A tool for threading a rope through a distant eye or around an object out of reach, such as for elevating tarps into trees, or placing fall protection lines, or securing a distant object. The tool has two curved arms that extend out from the body in unison and converge at a point where the end of the rope is passed from one arm to the other. The arms are then retracted back into the body, pulling the rope through the eye or around the object. The arms are extended by pulling one control line and retracted by pulling a second control line. The tool is typically mounted on the end			

Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI



RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	of a pole, although other mountings are possible. The shape of the tool enables ropes to be threaded through a large number of eye configurations and around objects of varying sizes, even if there are obstructions adjacent the eye			
EP2280 893B1	TESCO CORP	2012-06-20	2009-04-27	157
<b>DWPI Drawings:</b> 	<b>Title:</b> REMOTELY-OPERATED ROPE-THREADING TOOL <b>DWPI Title:</b> Remotely-operated tool for threading flexible element e.g. rope through threaded socket of e.g. pole, has arms extended and retracted into guiding channels to pull end of flexible object away from arms and drawn through socket <b>Abstract:</b> A tool for threading a rope through a distant eye or around an object out of reach, such as for elevating tarps into trees, or placing fall protection lines, or securing a distant object. The tool has two curved arms that extend out from the body in unison and converge at a point where the end of the rope is passed from one arm to the other. The arms are then retracted back into the body, pulling the rope through the eye or around the object. The arms are extended by pulling one control line and retracted by pulling a second control line. The tool is typically mounted on the end of a pole, although other mountings are possible. The shape of the tool enables ropes to be threaded through a large number of eye configurations and around objects of varying sizes, even if there are obstructions adjacent the eye			
US8118 340B2	TESCO CORP	2012-02-21	2010-10-27	157
<b>DWPI Drawings:</b> 	<b>Title:</b> Remotely-operated rope-threading tool <b>DWPI Title:</b> Remotely-operated tool for threading flexible element e.g. rope through threaded socket of e.g. pole, has arms extended and retracted into guiding channels to pull end of flexible object away from arms and drawn through socket <b>Abstract:</b> A tool for threading a rope through a distant eye or around an object out of reach, such as for elevating tarps into trees, or placing fall protection lines, or securing a distant object. The tool has two curved arms that extend out from the body in unison and converge at a point where the end of the rope is passed from one arm to the other. The arms are then retracted back into the body, pulling the rope through the eye or around the object. The arms are extended by pulling one control line and retracted by pulling a second control line. The tool is typically mounted on the end of a pole, although other mountings are possible. The shape of the tool enables ropes to be threaded through a large number of eye configurations and around objects of varying sizes, even if there are obstructions adjacent the eye			
KR2015 145590 A	KOREA INSTITUTE OF OCEAN SCIENCE & TECHNOLOGY	2015-12-30	2014-06-20	167
<b>DWPI Drawings:</b> 	<b>Title:</b> REMOTELY OPERATED VEHICLE SYSTEM FOR UNDERWATER WORK AND THE CONTROL METHOD THEREOF <b>DWPI Title:</b> Remote control robot system for underwater work, has a multimedia part that is provided with contact signal processing unit, which senses position of surrounding obstacle of remotely operated vehicle, where signaling information is provided <b>Abstract:</b> The present invention relates to a remotely operated vehicle (ROV) system and a control method thereof capable of increasing an efficiency of operation of a user and expanding the efficiency of operation and scope of an ROV by reducing the costs of the ROV system and the costs of a command ship through downsizing of the hardware. The ROV system for underwater work comprises a multimedia part. The multimedia part comprises: an image processing part to provide a front view image using a high definition camera, a work area image using a fixed-focus			






## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	<p>camera, and a peripheral image of the <b>ROV</b> using a surround camera; a sound processing part having a stereophonic sound sensor part with a plurality of sound sensors mounted on an outer surface of the <b>ROV</b> to measure a direction and magnitude of a sound source and a stereophonic sound system part to generate a stereophonic sound with a direction and magnitude of a virtual sound source corresponding to a sensing signal of the stereophonic sound sensor part; and a contact signal processing part detecting the locations of the obstacles around the <b>ROV</b> to provide contact information step-by-step. As such, the present invention provides a convenience of use, and drastically reduces operational and management costs of the <b>ROV</b> system by distribute-processing the signal such as an image, sound, and contact signals required to control the <b>ROV</b> for underwater work in the vehicle and the command ship</p> <p>COPYRIGHT KIPO 2016</p> <p>REPRESENTATIVE DRAWING - Reference numerals: (100) Multimedia part; (200) Power duplication part; (300) Distribution control part; (400) Manipulator-<b>ROV</b> hull cooperation control part; (500) Communication part</p>			
CN106514660B	UNIV NORTHEAST PETROLEUM	2018-09-04	2016-11-03	156
<b>DWPI Drawing:</b> 	<p><b>Title:</b> A submarine pipeline for detecting underwater <b>robot</b>.</p> <p><b>DWPI Title:</b> Submarine pipeline detecting underwater <b>robot</b>, has pipeline main body provided with <b>ROV</b> main body, hydraulic oil tank connected with left side of carrier frame, and clamping line wheels connected with detection device through spring</p> <p><b>Abstract:</b> A submarine pipeline for detecting underwater <b>robot</b>, mainly for solving the problem that the traditional cable underwater <b>robot</b> (<b>ROV</b>) complicated environment influence of ocean current and sea. Wherein, the device comprises an <b>ROV</b> main body, pipe clamping walking device and detecting device. <b>ROV</b> main body as carrier is the conduit gripping device and walking device supplies power to the <b>ROV</b> main body mainly comprises a carrier frame, a mechanical <b>arm</b>, a vertical propeller and horizontal propeller, a buoyancy module, pressure tank, a tripod head, a hydraulic oil tank; the pipe clamping walking device is mainly used for clamping the pipeline to ensure that concave wheel tightly pipeline for walking, conduit gripping device can adjust size to adapt to pipelines with different diameters; the detecting device through various sensors and multiple detecting devices to support the ship is working platform to finish the whole surface of the submarine pipeline detecting. the invention can reduce the ocean current affects the stability of the measurement and traditional <b>ROV</b> thruster operation when damage to the surrounding environment</p>			
CN106514660A	UNIV NORTHEAST PETROLEUM	2017-03-22	2016-11-03	150
<b>DWPI Drawing:</b> 	<p><b>Title:</b> <b>Remote operated vehicle</b> for subsea pipeline detection</p> <p><b>DWPI Title:</b> Submarine pipeline detecting underwater <b>robot</b>, has pipeline main body provided with <b>ROV</b> main body, hydraulic oil tank connected with left side of carrier frame, and clamping line wheels connected with detection device through spring</p> <p><b>Abstract:</b> A submarine pipeline for detecting underwater <b>robot</b>, mainly for solving the problem that the traditional cable underwater <b>robot</b> (<b>ROV</b>) susceptible to ocean, complex submarine environment problem. wherein the device comprises an <b>ROV</b> main body, pipe clamping walking device and detection device. <b>ROV</b> main body as a carrier tube gripping device and walking device provides power to the <b>ROV</b> main body mainly comprises a carrier frame, a mechanical <b>arm</b>, a vertical propeller and horizontal propeller, buoyancy module, pressure tank, a tripod head, a hydraulic oil tank; a pipeline clamping walking device is mainly used for clamping the pipeline to ensure that concave wheel close to the pipeline to walk, conduit gripping device size can be adjusted to adapt to different diameters of the pipe; the detecting device through various sensors and various detection device, to support the ship is working platform to finish the whole face detection to the subsea pipeline. the invention can reduce the influence and traditional <b>ROV</b> propeller operation the measurement stability of ocean, damage to the surrounding environment and so on</p>			
GB2447800A	ALLAN ELSIE A	2008-09-24	2008-05-14	153

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

<b>DWPI</b> <b>Drawin</b> <b>g:</b> 	<b>Title:</b> Tool interface and method <b>DWPI Title:</b> Robotic tool interface for use in e.g. manufacturing environments, has first and second connecting assemblies adapted to allow transmission of hydraulic fluid, electrical power, data or control signal between robotic apparatus and tool <b>Abstract:</b> The present invention relates to a interface (100) for connecting a tool to a robotic apparatus. In an embodiment, the interface includes a first assembly (102) attached to the robotic apparatus and a second assembly (104) attached to the tool, and the first and second assemblies can be coupled to one another. The interface can allow transmission between the robotic apparatus and the tool of hydraulic fluid, electrical power, data or a control signal			
WO2007045914A2	ROCKSTAR BIDCO LP	2007-04-26	2006-10-23	153
<b>DWPI</b> <b>Drawin</b> <b>g:</b> 	<b>Title:</b> TOOL INTERFACE AND METHOD <b>DWPI Title:</b> Robotic tool interface for use in e.g. manufacturing environments, has first and second connecting assemblies adapted to allow transmission of hydraulic fluid, electrical power, data or control signal between robotic apparatus and tool <b>Abstract:</b> The present invention relates to a interface for connecting a tool to a robotic apparatus. In an embodiment, the interface includes a first assembly attached to the robotic apparatus and a second assembly attached to the tool, and the first and second assemblies can be coupled to one another. The interface can allow transmission between the robotic apparatus and the tool of hydraulic fluid, electrical power, data or a control signal			
US8760100B2	OCEANEERING INTERNATIONAL INC	2014-06-24	2011-10-12	138
<b>DWPI</b> <b>Drawin</b> <b>g:</b> 	<b>Title:</b> Electric manipulator joint <b>DWPI Title:</b> Electric manipulator joint for use with manipulator arm in e.g. remotely operated vehicle utilized in bomb disposal, has torque limiter fixedly coupled to housing and releasably coupled to drive shaft <b>Abstract:</b> A manipulator joint includes an encoder having a body and shaft. The encoder body may be fixed to a first housing and the encoder shaft may be fixed to a second housing. The second housing is separate from, distal to, and rotatable with respect to the first housing. Rotation of the second housing may be about a common axis shared with the first housing. A hollow driveshaft, rotatably coupled to the second housing, extends across the joint from the second to the first housing. A torque limiter may be fixedly coupled to the second housing and releasably coupled to the driveshaft. The encoder may be configured to output an absolute angular position of the first housing with respect to the second housing. A method of detecting an over-torque condition of the manipulator joint includes transmitting commands from a processor to the drive motor and receiving data from the encoder			
US20120089254A1	OCEANEERING INTERNATIONAL INC	2012-04-12	2011-10-12	147
<b>DWPI</b> <b>Drawin</b> <b>g:</b>	<b>Title:</b> Electric Manipulator Joint <b>DWPI Title:</b> Electric manipulator joint for use with manipulator arm in e.g. remotely operated vehicle utilized in bomb disposal, has torque limiter fixedly coupled to housing and releasably coupled to drive shaft <b>Abstract:</b> A manipulator joint includes an encoder having a body and shaft. The encoder body may be fixed to a first housing and the encoder shaft may be fixed to a second housing. The second housing is separate from, distal to, and rotatable with respect to the first housing. Rotation of the second housing may be about a common axis shared with the first housing. A hollow driveshaft, rotatably coupled to the second housing, extends across the joint from the second to the first housing. A torque limiter may be fixedly coupled to the second housing and releasably coupled to the			

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	driveshaft. The encoder may be configured to output an absolute angular position of the first housing with respect to the second housing. A method of detecting an over-torque condition of the manipulator joint includes transmitting commands from a processor to the drive motor and receiving data from the encoder			
WO2012051345A1	OCEANEERING INTERNATIONAL INC	2012-04-19	2011-10-12	144
<b>DWPI Drawing:</b> 	<b>Title:</b> ELECTRIC MANIPULATOR JOINT <b>DWPI Title:</b> Electric manipulator joint for use with manipulator arm in e.g. remotely operated vehicle utilized in bomb disposal, has torque limiter fixedly coupled to housing and releasably coupled to drive shaft <b>Abstract:</b> A manipulator joint includes an encoder having an encoder body and encoder shaft. The encoder body may be fixed to a first housing and the encoder shaft may be fixed to a second. The second housing is separate from, distal to, and rotatable with respect to the first housing. Rotation of the second housing may be about a common axis shared with the first housing. A driveshaft may be rotatably coupled to the second housing and extend across the joint from the second to the first housing. A torque limiter may be fixedly coupled to the first housing and releasably coupled to the driveshaft. The encoder may be configured to output an absolute angular position of the first housing with respect to the second housing. A method of detecting an over-torque condition of the manipulator joint includes transmitting commands from a processor to the drive motor and receiving data from the encoder			
CN204414112U	WUHAN MARINE MACHINERY PLANT CO LTD	2015-06-24	2014-12-23	143
<b>DWPI Drawing:</b> 	<b>Title:</b> Underwater manipulator <b>DWPI Title:</b> Underwater machine hand, has section machine arm framework mounted at machine arm mounting base, operation part mounted at end part of energy-saving machine arm framework, and rotary seat located on tool mounting base <b>Abstract:</b> The utility model claims a cable control for small unmanned underwater robot (ROV) of professional underwater mechanical hand, specifically an electric operation tool for underwater cutting, underwater drilling and water under changeable working tool for mounting on the ROV. This multifunctional underwater mechanical arm comprises a mechanical arm mounting seat, at least one mechanical arm frame, a linear driving mechanism is hinged, and the operation part, the operation part comprises a revolving base, a revolving motor for driving the revolving rotary. mounting the revolving working tool driving work tool rotary working rotary motor, revolving motor through tool mounting base is fixed at the tail end of one section of the mechanical arm framework, fixed seat by a fastener to the tool mounting base, revolving motor, rotary seat are respectively located at the two sides of the tool mounting base. The utility model has simple structure, multiple functions and low maintenance cost			
US9701029B2	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	2017-07-11	2016-04-29	131
<b>DWPI Drawing:</b>	<b>Title:</b> Manipulator <b>DWPI Title:</b> Hydraulic manipulator for use in deep sea, has arm provided with joint parts and link parts, bellows container formed with interior spaces, and multiple servo amplifiers connected with manipulator body by cables <b>Abstract:</b> A manipulator includes an arm, a plurality of servo motors, a plurality of servo amplifiers, and at least one bellows container. The arm includes a plurality of joints and links. The plurality of the servo motors are disposed in a first space in the arm and capable of driving each			

Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	of the plurality of the joints. The plurality of the servo amplifiers are disposed in the first space and each of the plurality of the servo amplifiers controls each of the plurality of the servo motors. The at least one bellows container with one closed end which is positioned away from the arm and another open end includes a second space which is connected to the first space at the open end. In the manipulator, each of the first space and the second space is filled with oil, and each of the plurality of the servo amplifiers is connected with a cable for serial communication or power-line carrier communication			
EP3067168A1	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	2016-09-14	2014-07-28	126
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> MANIPULATOR <b>DWPI Title:</b> Hydraulic manipulator for use in deep sea, has arm provided with joint parts and link parts, bellows container formed with interior spaces, and multiple servo amplifiers connected with manipulator body by cables <b>Abstract:</b> A manipulator (1) includes an arm (4), a plurality of servo motors (32), a plurality of servo amplifiers (33), and a bellows container (14). The arm (4) includes a plurality of joints (3) and links (2). The plurality of servo motors (32) is disposed in a first space (6) in the arm (4) and capable of driving each of the joints (3). The plurality of servo amplifiers (33) is disposed in the first space (6) and controls each of the servo motors (32). The bellows container (14) includes a second space (13) which is connected to the first space (6). In the manipulator(1), each of the first space (6) and the second space (13) is filled with oil, and the plurality of servo amplifiers (32) are connected with a cable for serial communication or power-line carrier communication			
JP2015093329A	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	2015-05-18	2013-11-08	126
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> MANIPULATOR <b>DWPI Title:</b> Hydraulic manipulator for use in deep sea, has arm provided with joint parts and link parts, bellows container formed with interior spaces, and multiple servo amplifiers connected with manipulator body by cables <b>Abstract:</b>  PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electrically-driven manipulator capable of suppressing ununiformity of pressure when a cable is immersed SOLUTION: A manipulator includes: an arm having a plurality of joint sections and link sections; a plurality of servo motors which are disposed in a first space in the arm and are capable of driving each of the plurality of joint sections; a plurality of servo amplifiers which are disposed in the first space so as to control each of the plurality of servo motors; and a bellows container having a second container connected to the first space. Each of the first space and the second space is filled with oil. The plurality of servo amplifiers are connected by serial communication or power line carrier communication cables			
US20160271807A1	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	2016-09-22	2016-04-29	123
<b>DWPI Drawin g:</b>	<b>Title:</b> MANIPULATOR <b>DWPI Title:</b> Hydraulic manipulator for use in deep sea, has arm provided with joint parts and link parts, bellows container formed with interior spaces, and multiple servo amplifiers connected with manipulator body by cables			




## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	<b>Abstract:</b> A <b>manipulator</b> includes an <b>arm</b> , a plurality of servo motors, a plurality of servo amplifiers, and a bellows container. The <b>arm</b> includes a plurality of joints and links. The plurality of servo motors is disposed in a first space in the <b>arm</b> and capable of driving each of the joints. The plurality of servo amplifiers is disposed in the first space and controls each of the servo motors. The bellows container includes a second space which is connected to the first space. In the <b>manipulator</b> , each of the first space and the second space is filled with oil, and the plurality of servo amplifiers are connected with a cable for serial communication or power-line carrier communication			
WO2015068436A1	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	2015-05-14	2014-07-28	120
<b>DWPI Drawings:</b> 	<b>Title:</b> <b>MANIPULATOR</b> <b>DWPI Title:</b> Hydraulic <b>manipulator</b> for use in deep sea, has <b>arm</b> provided with joint parts and link parts, bellows container formed with interior spaces, and multiple servo amplifiers connected with <b>manipulator</b> body by cables <b>Abstract:</b> This <b>manipulator</b> (1) is equipped with: an <b>arm</b> (4) that has multiple joint sections (3) and link sections (2); multiple servomotors (32) that are disposed inside an internal first space (6) of the <b>arm</b> (4) and are capable of respectively driving the multiple joint sections (3); multiple servo amplifiers (33) that are disposed inside the first space (6) and respectively control the multiple servomotors (32); and a bellows container (14) that has a second space (13) connected to the first space (6). The first space (6) and the second space (13) are respectively filled with oil, and the multiple servomotors (32) are connected using cables for serial communication or power-line carrier communication			
EP3067168A4	MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD.	2016-11-02	2014-07-28	26
<b>DWPI Drawings:</b> 	<b>Title:</b> <b>MANIPULATOR</b> <b>DWPI Title:</b> Hydraulic <b>manipulator</b> for use in deep sea, has <b>arm</b> provided with joint parts and link parts, bellows container formed with interior spaces, and multiple servo amplifiers connected with <b>manipulator</b> body by cables <b>Abstract:</b> -			
CN106270802A	UNIV NORTHEAST PETROLEUM	2017-01-04	2016-11-03	112
<b>DWPI Drawings:</b> 	<b>Title:</b> Underwater <b>robot</b> for submarine pipeline cutting <b>DWPI Title:</b> Submarine pipeline cutting underwater <b>robot</b> , has hydraulic rod connected with telescopic hydraulic cylinder, small auxiliary <b>manipulator</b> connected with <b>ROV</b> by bolt, and two cutting mechanisms that are overlapped with each other <b>Abstract:</b> A submarine pipeline for cutting underwater <b>robot</b> . It is mainly used for cutting processing of petroleum pipeline submarine seriously damaged. by work <b>ROV</b> main body, a cutting mechanism, a support leg and a small auxiliary mechanical <b>arm</b> ; the <b>ROV</b> main body comprises a frame, a floating block, a propeller and a seven-degree-of-freedom <b>robot</b> with five degrees of freedom mechanical hand, underwater lighting device, Image pick-up device and a hydraulic electric control device; the supporting legs are uniformly distributed on the two sides of the submarine pipeline cutting <b>robot</b> , its central line and the central line of two sets of cutting mechanism plays a role of supporting the work <b>ROV</b> , small auxiliary mechanical <b>arm</b> through bolt connect at cutting a submarine pipeline <b>robot</b> ; on the two sets of cutting mechanisms; the two sets of cutting			

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	mechanism through bolt fixed square before and after cutting a submarine pipeline <b>robot</b> bottom and the hydraulic cylinder for orientation with pipeline locating the cutting mechanism to finish the cutting of damaged pipeline by controlling rotation of the knife mechanism. The device can implement mechanical automatic operation in relatively deep waters or special environment			
KR1346 278B1	SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD	2014-01-03	2012-08-10	93
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> REMOTELY OPERATED SUBMARINE VEHICLE SYSTEM <b>DWPI Title:</b> Remotely operated vehicle system for performing location survey of coast, comprises absorbing body, <b>robot arm</b> , water jet injection nozzle area and ejector, which are interconnected in sea water pipe using multiple valves <b>Abstract:</b> Disclosed is a remotely operated submarine vehicle system. The submarine vehicle system comprises: an absorption unit capable of flowing seawater in; a <b>robotic arm</b> capable of flowing seawater in or shooting out the seawater flowed in; a water-jet spraying nozzle and an ejector for discharging the seawater flowed in; and a controller unit for controlling the influx and discharge of the seawater in order to conduct one of the operations among propulsion, absorption or spray COPYRIGHT KIPO 2014			
CN1089 45927A	AUTOSTORE TECHNOLOGY AS	2018-12-07	2015-06-16	74
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> the <b>remote operation vehicle</b> , tank storage system and related method <b>DWPI Title:</b> Remotely operated vehicle assembly for picking up storage bins from storage system, has displacement motor that is configured to generate power which is converted to vertically directed pressure force acting on vehicle rolling units <b>Abstract:</b> The invention claims a <b>remote operation vehicle</b> , tank storage system and related method. a <b>remote operation vehicle</b> comprises a vehicle body, a display cavity adapted to receive the storage box in the storage system, a vehicle lifting device, at least indirectly connected to the vehicle body and adapted to lift the storage box into the cavity; a displacement device, especially comprises a displacement motor located above the cavity, configured to at least provide for necessary power to make one or both of the first set of vehicle rolling devices and the second group of vehicles rolling device in displacement between the displacement state and the non-moving state, wherein, in the displacement state. relative vehicle rolling device during use away from the lower layer storage system displacement, in the non-moving state, the associated vehicle rolling device contact during use with the storage system of the lower layer, and a drive device coupled to the displacement device			
KR1422 699B1	SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD	2014-07-24	2012-09-06	49
<b>DWPI Drawin g:</b> 	<b>Title:</b> UNDERWATER STATION AND UNDERWATER VEHICLE UNDERWATER VEHICLE MANAGEMENT SYSTEM <b>DWPI Title:</b> System for operating underwater moving object e.g. <b>remotely operated vehicle</b> , has upper frame that is connected to bus lines through cable, to serve as support for cage installed in lower portion of upper frame <b>Abstract:</b> The present invention relates to the underwater station and underwater moving object operating system, and more specifically, it relates to the station, and the underwater moving object operating system including the same among the number using multiple underwater moving objects. According to one aspect of the present invention, the station among the underwater moving object number of the plurality performing the underwater work; the station among the number launching with the underwater from bus lines it oscillates among the number from the station it includes the underwater moving object operating system which includes can be provided the multiple cages, providing the space in which it is installed in the lower part of the upper frame and the upper frame connected to the bus lines and cable and multiple underwater moving objects are received			

Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

KR2014 032250 A	SAMSUNG HEAVY INDUSTRIES LTD	2014-03-14	2012-09-06	49
<b>DWPI</b> <b>Drawin</b> <b>g:</b>	<p><b>Title:</b> UNDERWATER STATION AND UNDERWATER VEHICLE OPERATION SYSTEM</p> <p><b>DWPI Title:</b> System for operating underwater moving object e.g. <b>remotely operated vehicle</b>, has upper frame that is connected to bus lines through cable, to serve as support for cage installed in lower portion of upper frame</p> <p><b>Abstract:</b> The present invention relates to an underwater station and an underwater vehicle operation system and, more specifically, to an underwater station operating a plurality of underwater vehicles and an underwater vehicle operation system comprising the same. According to an embodiment of the present invention, an underwater vehicle operation system which comprises an underwater station launched into water from a mother ship and a plurality of underwater vehicles performing underwater work by starting from the underwater station; but the underwater station comprises an upper frame connected to the mother ship and a plurality of cages installed on the lower part of the upper frame providing a space to accommodate a plurality of the underwater vehicles can be provided</p> <p>COPYRIGHT KIPO 2014</p>			
KR1355 927B1	KOREA ADVANCED INSTITUTE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY	2014-01-29	2012-02-22	48
<b>DWPI</b> <b>Drawin</b> <b>g:</b>	<p><b>Title:</b> JELLYFISH-POLYP REMOVAL APPARTUS USING <b>REMOTELY OPERATED VEHICLE</b> AND JELLYFISH-POLYP REMOVAL <b>ROBOT</b></p> <p><b>DWPI Title:</b> Jellyfish-polyp removal <b>robot</b> has suction unit which is installed in main structure for inhaling jellyfish polyp with water and filtration unit which is detachably arranged in main structure for separating polyp from underwater</p> <p><b>Abstract:</b> After the polyp in which the polyp the way to go boron flux according to the present invention is fixed to the attached surface through wire or the wirelessly controlled unmanned submarine is floated this is inhaled with water and it filters only the inhaled polyp and it stores and the polyp has the effect that attaches and detaches the filtration part in which the polyp is stored from the unmanned submarine and separated</p>			
KR2013 096549 A	KOREA ADVANCED INSTITUTE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY	2013-08-30	2012-02-22	48
<b>DWPI</b> <b>Drawin</b> <b>g:</b>	<p><b>Title:</b> JELLYFISH POLYP REMOVAL <b>ROBOT</b> USING A <b>REMOTELY OPERATED VEHICLE</b>, CAPABLE OF REMOVING AND COLLECTING JELLYFISH POLYPS</p> <p><b>DWPI Title:</b> Jellyfish-polyp removal <b>robot</b> has suction unit which is installed in main structure for inhaling jellyfish polyp with water and filtration unit which is detachably arranged in main structure for separating polyp from underwater</p> <p><b>Abstract:</b> PURPOSE: A jellyfish polyp removal <b>robot</b> using a <b>remotely operated vehicle</b> is provided to float jellyfish polyps fixed to an attachment surface, inhale the floating jellyfish polyps with water, and store the inhaled jellyfish polyps</p> <p>CONSTITUTION: A jellyfish polyp removal <b>robot</b> using a <b>remotely operated vehicle</b> (20) comprises a ship (10). The <b>remotely operated vehicle</b> is controlled at the ship and comprises a body, a suction part (32), a filter part (70), a discharge part (36), a filtering part, and a high-pressure jetting part (50). The suction part is installed on the body and inhales jellyfish polyps with water. The filter part filters the inhaled jellyfish polyps from the</p>			

Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI




RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	water and stores the filtered jellyfish polyps therein. The discharge part discharges the water which does not have the jellyfish polyps to the outside. The filtering part inhales the water having the jellyfish polyps and discharges the water to the outside. The high-pressure jetting part is installed on the body and jets high-pressure fluid to the front of the body COPYRIGHT KIPO 2013			
CN106426204A	UNIV NORTHEAST PETROLEUM	2017-02-22	2016-11-03	38
<b>DWPI Drawing:</b> 	<b>Title:</b> Remote operated vehicle for welding submarine pipeline <b>DWPI Title:</b> Underwater robot for submarine pipeline welding, has connecting rod that is connected with bottom of claw table through pin shaft and recovery device recovers base of grab tube <b>Abstract:</b> A submarine pipeline underwater robot for welding. mainly composed of a ROV main body, a parallel mechanism, a supporting frame and a grabbing mechanism. the main function of the ROV main body carries the underwater welding torch to complete repair of the damaged pipeline; the main body comprises a frame, a vertical propeller and horizontal propeller, buoyant material, mechanical arm with two different degrees of freedom, underwater lighting device, a camera device and a hydraulic electric control device; between the parallel mechanism and the ROV main body rotary bearing for connecting with the two-part mechanical component can relative circumferential rotation, the pose adjustment, enlarges the welding robot working range and performs complex pipeline welding repairing support frame by welding structural frame form; grabbing mechanism is basically composed of parallelogram mechanism, the two sides of the hydraulic cylinder so as to change the parallelogram shape and form and the rod by controlling the extension and retraction to grip different diameters of submarine pipeline. The underwater robot for underwater welding damage of the submarine pipeline			
KR1644591B1	MOTORWEL CO LTD	2016-08-02	2013-09-30	28
<b>DWPI Drawing:</b> 	<b>Title:</b> AMPHIBIOUS ROV <b>DWPI Title:</b> Amphibious remotely operated vehicle, has insertion protrusion part combined with side of primary main body, where guide projection part of primary main body is combined with side of secondary main body <b>Abstract:</b> The present invention relates to the amphibious remote operation vehicle, and according to the invention, it is made up of the wheel of the screw type combined in the side of the secondary body and the first main body which includes the first main body, and the side of the guide projection and the secondary body as long as it is prepared to be symmetrical to multiple. The first main body and the secondary body the bond angle is controlled by the joint structure combination of the insertion protrusion and guide projection and the progressive direction of the progressive direction of the land of the 1-2 body and resolution are comprised the mutual orthogonal with multiple wheels and the 1-2 body is steered due to the wheel each rotation speed difference. As to the first main body, the guide projection of pair is equipped in the front end face. As to the side of the guide projection and the secondary body, the insertion protrusion combined in a pair of guide projections is equipped in the cross-section of throat			
KR2015036888A	MOTORWEL CO LTD	2015-04-08	2013-09-30	28
<b>DWPI Drawing:</b>	<b>Title:</b> AMPHIBIOUS ROV <b>DWPI Title:</b> Amphibious remotely operated vehicle, has insertion protrusion part combined with side of primary main body, where guide projection part of primary main body is combined with side of secondary main body <b>Abstract:</b> The present invention relates to an amphibious ROV. According to the present invention, the amphibious ROV comprises: a first body where a pair of symmetric guide protrusions are installed on one side; a second body where insertion protrusions, which are combined to the guide			



## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

	protrusions, are installed on one side; and multiple wheels combined with sides of the first and second bodies. The first and second bodies are adjusted in combination angle by a coupling of the guide protrusions and the insertion protrusions. The multiple wheels have a screw shape. The first and second bodies move on the land in a direction orthogonal to a traveling direction on the sea by the wheels COPYRIGHT KIPO 2015 REPRESENTATIVE DRAWING - Reference numerals: (BB) Wheel rotation; (AA) Moving direction			
CN2062 30551U	ZHENJIANG WATERCRAFT COLLEGE PLA	2017-06-09	2016-12-09	20
<b>DWPI Drawing:</b> 	<b>Title:</b> ROV frame construction <b>DWPI Title:</b> Remotely operated vehicle frame structure has frame, which is composed of transverse rod and vertical rod, where vertical rod is vertically welded and formed, and frame bottom connected with inclined block by groups is vertically staggered <b>Abstract:</b> The utility model claims a frame structure for ROV. the ROV frame structure, wherein the frame is composed of a transverse rod and a vertical rod is vertically welded and forming; the frame bottom rail vertical staggered formed by two groups, two sides wherein a group of cross rods are connected with an inclined block, the inclined block extending outwards based on the cross and form an acute angle with the horizontal plane; the bottom and the middle part of the frame is paved with mutually parallel flat plate; the top face of the frame connect with four propeller fixing rod set in rhombus; the top surface of the frame is further provided with symmetrically arranged triangular bracket, connected with a cable mounting member between the top end of the two triangular bracket. one side of the frame top surface provided with two diagonal inclined forwards, with a camera fixing rod is connected between two inclined rod. the ROV frame structure of this utility model is compact, easy to install and to remodel and temporary equipment, the whole frame structure is stable and firm according to the working environment, the ROV on underwater work is not easy because of bearing underwater pressure and damaged			
US5550 758A	GENERAL ELECTRIC COMPANY	1996-08-27	1994-03-29	7
<b>DWPI Drawing:</b> 	<b>Title:</b> Augmented reality maintenance system with flight planner <b>DWPI Title:</b> Remote maintenance system for inspection and repair of structures displays image of remotely operated vehicle and its environment and allows user to select path for it <b>Abstract:</b> An enhanced reality maintenance system for operating in a hazardous or inaccessible environment employs an environment modeler which is supplied with spatial parameters of a given environment and creates a computer model of the environment. An environment renderer creates a plurality of images, each corresponding to a viewing location and orientation, 'viewpoint'. A remotely operated vehicle (ROV) attached to a base unit by a tether cord or radio link navigates in the environment. The ROV has a spatial imaging device, such as a video camera, and actuators which propel it through the environment. Its position and orientation are determined by a position and attitude (P & A) sensing unit, and are passed to an ROV renderer which creates an image of a prestored model of the ROV having the same location and orientation as the ROV and viewed from a specified viewpoint. The viewpoints may be predetermined, provided to the system or may be interactively determined as an offset from the ROV position and orientation. Alternative embodiments include an image archive and comparison unit capable of storing images linked to information of the image acquisition, retrieving stored images with the image acquisition into and transforming one of the images to match the image acquisition information of the other image			

**Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI**

**RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA**  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

# RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA

Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

## ESTRATÉGIA DE BUSCA NA DERWENT EM LITERATURA CIENTÍFICA

Derwent Innovation - Google Chrome

Não seguro | www.derwentinnovation.com/tip-innovation/controller.do?locale=en\_us#u=687474703a2f2f77772e64657277656e74696e6e6f766174696f6e2e636f6d2f7469702d696e6e6f766174696f6e...

Derwent Innovation Welcome Maria do...

Blueprints for Success | Clarivate Analytics

DASHBOARD

SEARCH

QUICK SEARCH

PATENT

LITERATURE

ALL CONTENT

SEARCH HISTORY

MARKED LIST

LITERATURE SEARCH | CITED REFERENCES

FIELD | EXPERT

Change collections: ☒ Web of Science ☒ Conference Proceedings ☒ Current Contents Connect

All Text Fields

All Text Fields

Preview/edit query

ALL:([underwater ADJ manipulat\*] and (robot\* ADJ arm) and (rov or remot\* ADJ operat\* ADJ vehicl\*))

Make these my defaults

Clear All Fields | Reset | Search

SEARCH RESULTS

40 record(s) found out of 42,188,885 searched (display limit 30,000) 0 record(s) selected

Displaying 1 - 10 of 46

Go to page:

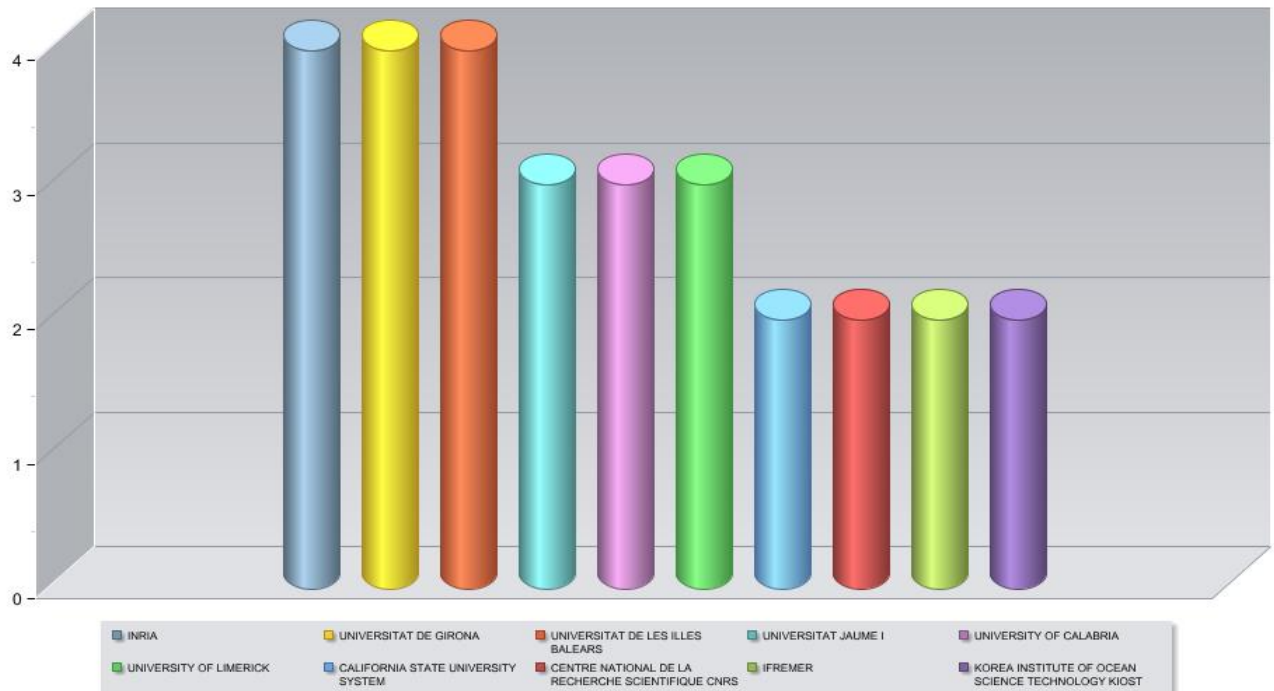
Display 10 records per page

Author	Document Type	Organization	Publication Date	Source
Zhang, GY	Proceedings Paper	Jiangsu Univ Sci & Technol	2018	PROCEEDINGS 2018 33RD YOUTH ACADEMIC ANNUAL CONFERENCE OF CHINESE ASSOCIATION OF AUTOMATION (YAC): 322-327 2018
Bruno, F	Article	Univ Calabria	NOV 15 2018	OCEAN ENGINEERING,168: 140-154 NOV 15 2018
Leborne, F	Proceedings Paper	Univ Montpellier	2018	2018 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION (ICRA)

Print | Watch Records | Alert | Analyze | Export | Literature Articles | Save | Add To

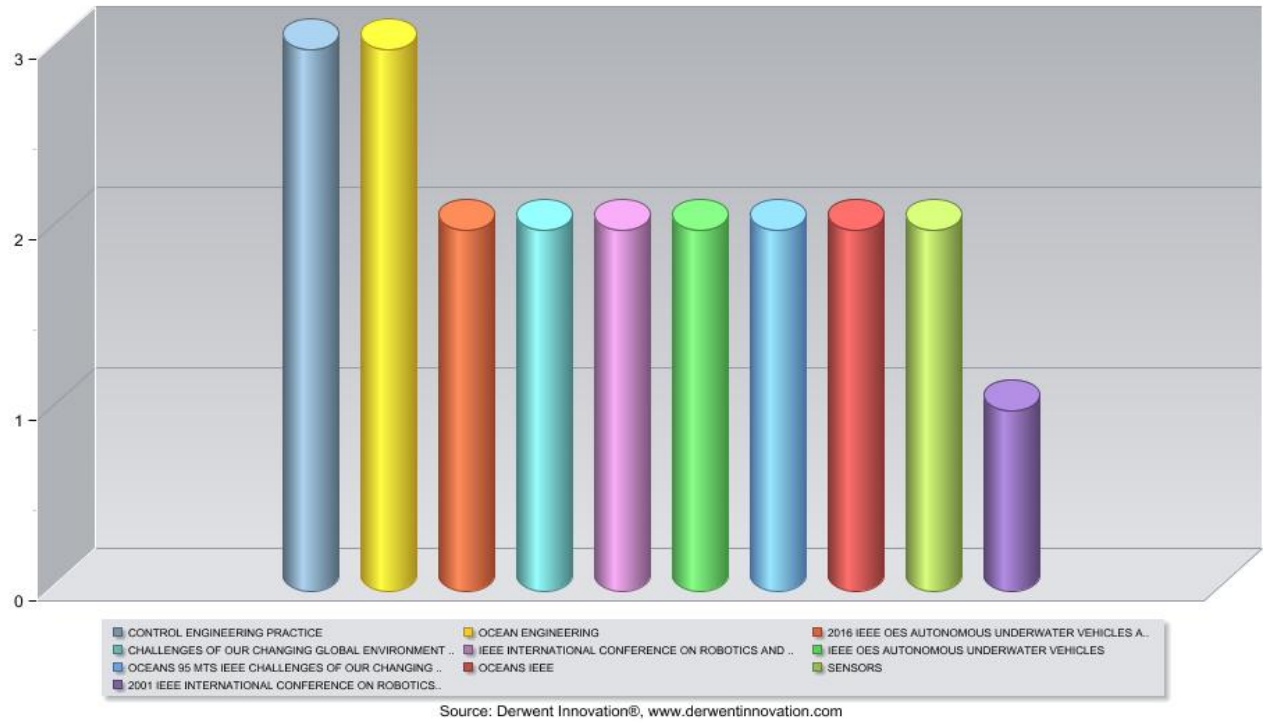
PT 10:26 14/03/2019

## Top Organizations

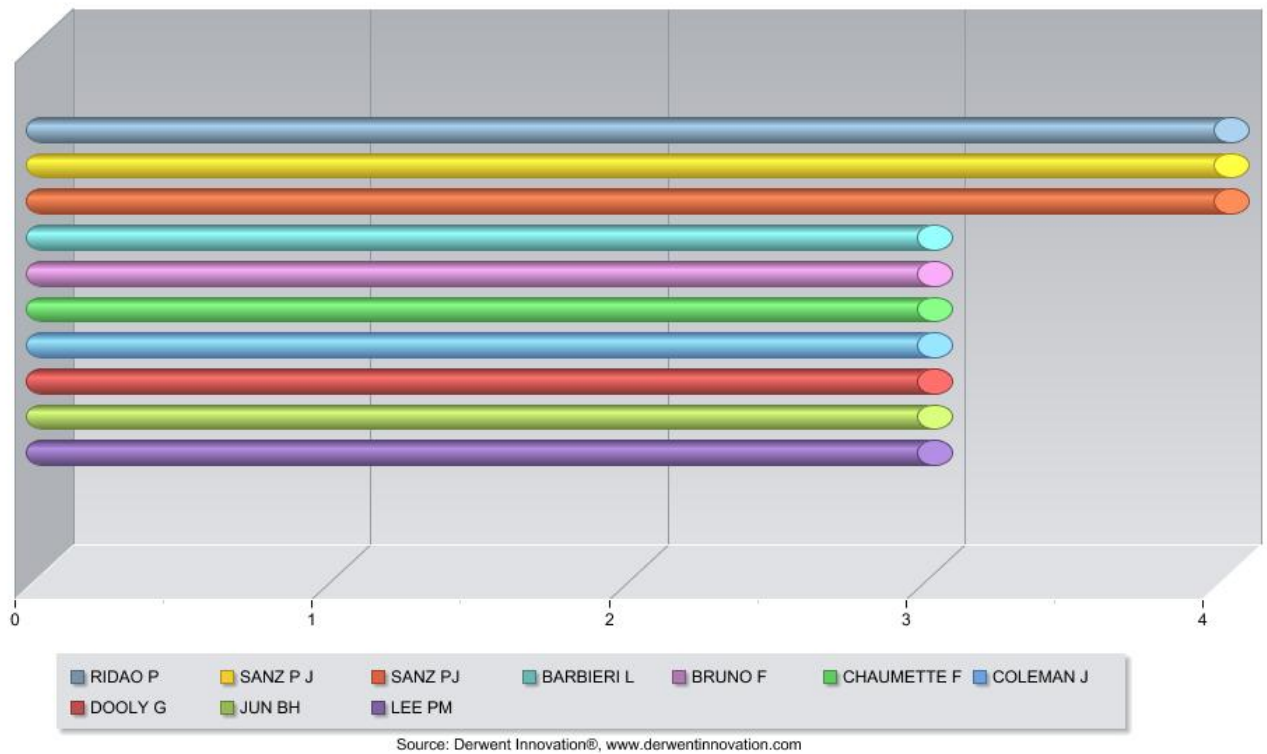


RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA  
Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

Top Journals



Top Authors



## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

#### LITERATURE RESULT SET

Thursday, March 14 2019

Derwent Innovation

Search results for: ALL=((underwater ADJ manipulat\*) and (robot\* ADJ arm) and (rov or remot\* ADJ operat\* ADJ vehicl\*));

Collections searched: Web of Science, Conference Proceedings, Current Contents Connect

46 record(s) found out of 42,188,665 searched (display limit 30,000)

0 record(s) selected

Author	Document Type	Organization	Publication Date	Source
Zhang, GY	Proceedings Paper	Jiangsu Univ Sci & Technol	2018	PROCEEDINGS 2018 33RD YOUTH ACADEMIC ANNUAL CONFERENCE OF CHINESE ASSOCIATION OF AUTOMATION (YAC) : 322-327 2018
<p><b>Title:</b> Research on Underwater Safety Inspection and Operational Robot Motion Control</p> <p><b>Abstract:</b> In order to meet the requirements for the safety inspection of surface attachments such as hulls, dams, and underwater steel structures and the requirements for attachment removal, a new underwater safety detection and operation type cabled remote control robot was developed. This type of Remotely Operated Vehicle (ROV) exchanges the manipulator for different tasks to realize the function of grabbing and cutting, thus ensuring the removal of attachments on structures. The whole system composition and principle of underwater safety detection and operation robot are expounded. This article proposes that an Arduino microcontroller is used as the control panel signal acquisition tool, water monitoring system developed by IPC for platform, Zero-buoyancy umbilical cable with two pairs of twisted pairs, and Submarine control system with ARM embedded as the main control unit. At the same time, the underwater robot dynamics model was established and the generalized predictive controller of ROY heading control was designed. The incremental PID controller was used in the initial stage of control and the GPC controller later. This solves the initial instability of control, combining the advantages of both PID and GPC control algorithms. Underwater robots have performed pool and Qiandao Lake tests with good results. The test verifies the stability, reliability and real-time performance of the underwater robot. ROV can meet the requirements of underwater safety inspection and operation.</p>				
Bruno, F	Article	Univ Calabria	NOV 15 2018	OCEAN ENGINEERING 168: 140-154 NOV 15 2018
<p><b>Title:</b> Augmented reality visualization of scene depth for aiding ROV pilots in underwater manipulation</p> <p><b>Abstract:</b> Underwater manipulation is a key technology for marine industries and exploration that can be efficiently adopted in other application fields, such as underwater archaeology, biological manipulation, scientific expedition, as well as offshore construction in the Oil and Gas industry. It is performed remotely by expert pilots thanks to the visual feedbacks provided by one or more cameras but without any information about the distance between the end-effector and the target.</p> <p>To this end, the paper presents a novel system based on a sensorized robotic arm, stereoscopic 3D perception and augmented reality visualization to support ROV's pilots in underwater manipulation tasks. The system, thanks to the adoption of an optical-stereo camera, provides a visual feedback of the underwater scene on which a depth map of the underwater workspace is augmented on. In particular, combining the kinematics of the robotic arm and the standard photogrammetric model of the stereo camera, it is possible to generate a depth map that shows to the pilots the distances of the surface of the scene objects from the end-effector's pose. Experimental tests carried out in the context of the CoMAS (In-situ conservation planning of Underwater Archaeological Artefacts) project have demonstrated the effectiveness of the proposed system.</p>				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

Leborne, F	Proceedings Paper	Univ Montpellier	2018	2018 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION (ICRA) : 4955-4960 2018
<p><b>Title:</b> Dynamic Modeling and Identification of an Heterogeneously Actuated <b>Underwater Manipulator Arm</b></p> <p><b>Abstract:</b> This paper deals with the dynamic modeling and identification of an electrically driven underwater robot manipulator. The proposed study includes the dynamic modeling of the actuators of the arm as well as the identification of the parameters of the model. The proposed method deals with the specific case of heterogeneously actuated arms, namely arms with actuators behaving differently for each joint, being considered at the kinematic level. Indeed, we show how to estimate the arms parameters when some of their revolute joints are directly actuated by geared motors, while the others are actuated by linear actuators. A minimum set of identifiable parameters is determined, and adequate excitation trajectories are generated and used in the identification procedure. Real-time experimental validation on the manipulator arms of Ifremer's HROV (Hybrid <b>Remotely Operated Vehicle</b>) Ariane underwater vehicle demonstrates that the proposed method improves the estimation of the dynamic model.</p>				
Barbieri, L	Article	Univ Calabria	JUN 15 2018	OCEAN ENGINEERING 158: 253-262 JUN 15 2018
<p><b>Title:</b> Design, prototyping and testing of a modular small-sized underwater <b>robotic arm</b> controlled through a Master-Slave approach</p> <p><b>Abstract:</b> Underwater exploration, in the last years, has evolved toward a wide adoption of increasingly smaller ROVs (<b>Remotely Operated Vehicle</b>). As a consequence, the need to equip these underwater vehicles with robotic arms is currently rising as well.</p> <p>According to this demand, the paper presents three innovative solutions achieved in the UVMS (Underwater Vehicle-Manipulator System) field. Firstly, the paper proposes a modular architecture for a lightweight underwater <b>robotic arm</b>, which can be mounted on small-sized ROVs. The modular concept of the arm enables several different configurations, each one characterized by the related DOFs, deployed according to the type of application to be performed.</p> <p>Secondly, the arm has been equipped with an adaptive gripper that, taking advantage of the additive manufacturing techniques, is able to easily grip differently shaped objects. Lastly, the underwater arm is controlled through a Master-Slave approach, designed for commercial off-the-shelf electronics, that on the one hand, entailed a significant reduction of the bill of materials, but, on the other hand, required a greater effort in the software development. Experimental tests have been carried out to measure and evaluate the gripping and manipulation capability of the <b>robotic arm</b> and the performance of the proposed control system.</p>				
Sivcev, S	Review	MaREI Marine & Renewable Energy	SEP 1 2018	OCEAN ENGINEERING 163: 431-450 SEP 1 2018
<p><b>Title:</b> <b>Underwater manipulators</b>: A review</p> <p><b>Abstract:</b> This paper describes the state-of-the art in the area of underwater robot manipulator systems. A brief introduction is given on the use of manipulators in various offshore industries for different subsea intervention applications. It provides a comprehensive summary of existing commercial and prototype <b>underwater manipulators</b>, covering relevant aspects such as design features, their capabilities and merits, and provides a detailed comparison. This is followed by a thorough analysis of advantages and disadvantages of both electrically and hydraulically actuated manipulators. Furthermore, a detailed description of commercially available <b>underwater manipulator</b> control systems is presented in order to provide a realistic picture of the existing technology and its limitation. In addition, an extensive bibliography covering research results in the field of control algorithms is presented, including low level motion control, high level</p>				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

kinematic control and motion planning schemes along with the implementation issues.				
Kurumaya, S	Article	Tokyo Inst Technol	AUG 2018	SOFT ROBOTICS 5 (4): 399-409 AUG 2018
<b>Title:</b> A Modular Soft Robotic Wrist for Underwater Manipulation <b>Abstract:</b> This article presents the development of modular soft robotic wrist joint mechanisms for delicate and precise manipulation in the harsh deep-sea environment. The wrist consists of a rotary module and bending module, which can be combined with other actuators as part of a complete manipulator system. These mechanisms are part of a suite of soft robotic actuators being developed for deep-sea manipulation via submersibles and remotely operated vehicles, and are designed to be powered hydraulically with seawater. The wrist joint mechanisms can also be activated with pneumatic pressure for terrestrial-based applications, such as automated assembly and robotic locomotion. Here we report the development and characterization of a suite of rotary and bending modules by varying fiber number and silicone hardness. Performance of the complete soft robotic wrist is demonstrated in normal atmospheric conditions using both pneumatic and hydraulic pressures for actuation and under high ambient hydrostatic pressures equivalent to those found at least 2300m deep in the ocean. This rugged modular wrist holds the potential to be utilized at full ocean depths (>10, 000m) and is a step forward in the development of jointed underwater soft robotic arms.				
Sivcev, S	Article	MaREI Marine & Renewable Energy	MAY 2018	CONTROL ENGINEERING PRACTICE 74: 153-167 MAY 2018
<b>Title:</b> Fully automatic visual servoing control for work-class marine intervention ROVs <b>Abstract:</b> ROVs with hydraulic manipulators are extensively used for subsea intervention. With camera feedback from the scene, manipulators are teleoperated and slaved to pilot held master arms. While standard for offshore oil and gas, for challenging applications in waves or currents a new approach is required. We present development of robot arm visual servo control approaches used in manufacturing and the transfer and adaption of these to underwater hydraulic manipulators. This is the first time a visual servoing algorithm for automated manipulation has been developed and verified, through subsea trials, on a commercial work-class ROV with industry standard hydraulic manipulators.				
Sivcev, S	Article	MaREI Marine & Renewable Energy Ireland	APR 2018	SENSORS 18 (4): - APR 2018
<b>Title:</b> Collision Detection for Underwater ROV Manipulator Systems <b>Abstract:</b> Work-class ROVs equipped with robotic manipulators are extensively used for subsea intervention operations. Manipulators are teleoperated by human pilots relying on visual feedback from the worksite. Operating in a remote environment, with limited pilot perception and poor visibility, manipulator collisions which may cause significant damage are likely to happen. This paper presents a real-time collision detection algorithm for marine robotic manipulation. The proposed collision detection mechanism is developed, integrated into a commercial ROV manipulator control system, and successfully evaluated in simulations and experimental setup using a real industry standard underwater manipulator. The presented collision sensing solution has a potential to be a useful pilot assisting tool that can reduce the task load, operational time, and costs of subsea inspection, repair, and maintenance operations.				
Rizzo, D	Proceedings Paper	Univ Calabria	2017	OCEANS 2017 - ABERDEEN : - 2017

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

<p><b>Title:</b> Kinematic performances evaluation of a hydraulic <b>underwater manipulator</b></p> <p><b>Abstract:</b> <b>Underwater manipulation</b> is an essential operation for performing a diverse range of applications in the submerged environment that, in spite of the hostile and unstructured environment, it requires high precision and reliability of the <b>robotic arm</b>. The paper presents the evaluation and characterization of the kinematic performances of an underwater <b>robotic arm</b> mounted on a light work class <b>ROV</b>. The arm analyzed in the study is a re-engineered version of a commercial hydraulic manipulator whose geometry and end-effector have been modified. Moreover, the arm has been equipped with a set of encoders in order to provide the positioning feedback. The test conducted in laboratory focused on the measurement of accuracy and repeatability in order to evaluate the limits of the arm architecture. This work has been carried out in the context of the CoMAS (In situ conservation planning of Underwater Archaeological Artifacts - <a href="http://www.comasproject.eu">http://www.comasproject.eu</a>) project in which the possibility to develop a <b>ROV</b> able to perform maintenance operations in underwater archeological sites has been investigated.</p>				
Kazakidi, A	Proceedings Paper	Univ Strathclyde	2017	IFAC PAPERSONLINE 50 (1): 2304-2309 2017
<p><b>Title:</b> Impact of Arm Morphology on the Hydrodynamic Behavior of a Two-arm Robotic Marine Vehicle</p> <p><b>Abstract:</b> Increasing the functionality and efficiency of small underwater marine robotic systems has been a significant challenge, particularly regarding their use in tasks requiring enhanced maneuverability, long-distance travel and delicate <b>underwater manipulation</b> of objects. In this paper, we explore the impact of bio-inspired arm morphology on underwater propulsion, through examination of the generated hydrodynamic forces and the corresponding complex vortical patterns in the wake of a novel two-arm underwater robotic swimmer, inspired by the octopus arm-swimming behavior. We demonstrate for the first time, via detailed modelling and CFD studies, the use of a variety of slender arm morphologies as thrust actuators in a system that can achieve forward propulsion, by the slow opening and rapid closing of these arms ("arm sculling"), while minimizing the lateral excursion of the system. Robotic prototypes, based on such principles, have already been used by our group to observe marine ecosystems, without disturbing them as much as current ROVs. Further applications of such robotic systems could be envisioned in future medical rehabilitation studies. (C) 2017, IFAC (International Federation of Automatic Control) Hosting by Elsevier Ltd. All rights reserved.</p>				
Mardiyanto, R	Proceedings Paper	Inst Teknol Sepuluh Nopember	2017	2017 INTERNATIONAL SEMINAR ON INTELLIGENT TECHNOLOGY AND ITS APPLICATIONS (ISITIA) : 329-333 2017
<p><b>Title:</b> Development of Hand Gesture Recognition Sensor Based on Accelerometer and Gyroscope for Controlling Arm of Underwater Remotely Operated Robot</p> <p><b>Abstract:</b> Hand Gesture Recognition sensor based on accelerometer and gyroscope is a sensor for capturing the positions of operator hand while controlling underwater <b>remotely operated vehicle</b> equipped with an arm. The proposed system has an advantage in its convenience by means of no training or exercise needed for operator before using it. The key issue here is how beginner operator could use easily the underwater remotely operated <b>robot arm</b> without any specific training. The conventional one uses a joystick for controlling the underwater system and it is inconvenience for beginner user as well as less precision. The proposed system consists of two main part: (1) ground station and (2) underwater remotely operated <b>robot arm</b>. This paper proposes the development of hand gesture recognition sensor used by operator at the ground station for controlling <b>robot arm</b> at the underwater robot. The proposed sensor uses accelerometers and gyroscopes installed in elbow, forearm, and wrist. These devices measure 3D position of each joints for constructing 3D position of hand. We design sensor's casing for its convenience of use by using CAD software. Each sensor is connected by Arduino Nano microcontroller having compact circuit and embedded it into sensor's casing. The sensors are connected to a microcontroller acting as master connected to microcontroller slave (sensor part). These sensors value are converted to 3D position by using forward kinematic.</p>				



## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

The forward kinematic values are sent to the underwater robot by using a wire utilizing Pulse Position Signal. Then, it converted again to servo's movement by using inverse kinematic. The result is operator able to control the underwater remotely <b>robot arm</b> by utilizing hand gesture directly. The last, operator could control the robot gripper based on flex sensor installed in operator's fingers. The accuracy of the sensor has been tested under laboratory condition, it has 98% of accuracy.				
Qiao, L	Proceedings Paper	Shanghai Jiao Tong Univ	2016	PROCEEDINGS OF THE 35TH CHINESE CONTROL CONFERENCE 2016 : 5780-5785 2016
<b>Title:</b> Robust Adaptive PID Control for Positioning of Remotely Operated Vehicle Working in Close Proximity of an Underwater Structure <b>Abstract:</b> Precise measurement of remotely operated vehicle (ROV) position is crucial for dynamic positioning close to an underwater structure. This can be achieved by using a passive arm measurement system. However, the main drawback of this measurement system is the additional forces acting on ROV due to the mechanical connection. To cope with this problem, a robust adaptive PID control scheme is proposed for dynamic positioning of ROV working in close proximity of an underwater structure in this paper. The proposed controller is a composition of a PID term, a robust term and an adaptive term. The adaptive term is adopted to estimate and compensate the additional forces caused by the passive arm, umbilical cable and uncertainties in buoyancy, and the PID and robust terms are used to eliminate the positioning errors. With respect to the existing adaptive PD controller developed for dynamic positioning of ROV, the proposed controller makes the following improvements: 1) it does not require any knowledge of the inertia matrix, Coriolis and centripetal matrix and hydrodynamic damping matrix of the vehicle dynamics in the controller design; and 2) it does not need any constraints on the control gains to guarantee the global asymptotical convergence of the position and velocity errors of the vehicle to zero except for choosing an appropriately large exponential decay rate. Finally, comparative numerical simulations are performed on an experimentally validated ROV between the standard PID controller and the proposed robust adaptive PID controller. Simulation results show that the proposed controller offers higher positioning precision and stronger robustness to the additional forces than the standard PID controller.				
Zhang, J	Article	Chinese Acad Sci	FEB 2017	IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS 64 (2): 1716-1727 FEB 2017
<b>Title:</b> Development of a Virtual Platform for Telepresence Control of an Underwater Manipulator Mounted on a Submersible Vehicle <b>Abstract:</b> This paper develops a virtual platform of an underwater manipulator mounted on a submersible vehicle via the three-dimensional simulator "Webots" for teleoperation through a replica master arm. The graphical, kinematic, and dynamic models of the manipulator refer to a master-slave servo hydraulic manipulator with seven functions, consisting of six degrees of freedom and a parallel gripper, while the "Jiaolong" deep-manned submersible vehicle, operating below the sea surface down to 7000 m, is chosen as the underwater manipulator carrier. This study uses the virtual platform for training an operator to telepresence control the virtual manipulator to complete basic tasks in subsea environments. When training the operator, one has to consider uncertain external disturbances and the visual impacts that stem from subsea environments. In order to demonstrate the feasibility and effectiveness of the virtual platform, one designs two typical underwater operational tasks: grasping a marine organism sample and reaching at a given position. This paper presents the comparative studies: 1) the performances demonstrated by remotely controlling the virtual manipulator and the real manipulator; 2) the operating performances delivered by three operators before and after training when using the platform.				
Sverdrup-Thygeson, J	Proceedings Paper	Norwegian Univ Sci & Technol	2016	2016 IEEE/OES AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES (AUV) : 387-395 2016
<b>Title:</b> The Underwater Swimming Manipulator - A Bio-Inspired AUV <b>Abstract:</b> Autonomous underwater vehicles (AUVs) have been used for environmental mapping and surveys of various kinds for some time. More recently, the AUVs have entered the domain of the remotely operated vehicles (ROVs) to tackle some of the lighter subsea				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

<p>operations, such as inspection, maintenance, and repair (MIR) and light intervention tasks. The successful transition to AUVs for inspection of subsea infrastructure has pushed the technology towards AUVs equipped with robotic arms. Some AUVs with attached manipulator arms have demonstrated autonomous light intervention, but the majority of such tasks are still carried out using tethered and expensive ROVs with support vessels. The underwater swimming manipulator (USM) presented in this paper, is a snakelike bio-inspired AUV with exceptional accessibility and flexibility, due to its slender, multi-articulated structure. In this paper, we discuss why the USM is an appropriate system for certain tasks that are normally carried out by conventional ROVs and AUVs. Furthermore, we address the topic of kinematic control of the USM to utilize the inherent redundancy. Finally, we present and make use of a newly developed and versatile simulation environment for USMs to assert the applicability of the USM for performing subsea inspections and light intervention.</p>				
Kim, J	Proceedings Paper	Pohang Univ Sci & Technol	2016	2016 IEEE/OES AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLES (AUV) : 396-400 2016
<p><b>Title:</b> Convolutional Neural Network-based Real-time ROV Detection Using Forward-looking Sonar Image  <b>Abstract:</b> Agent system is strategy to enhance the underwater manipulation. The conventional manipulation is generally robot arm-based configuration which has singular points. On the other hand, the agent system is an armless manipulation that the agent vehicle works as the end-effector. If the location of the agent can be measured, the end effector is able to be place to any position. To implement this system, the method of an agent vehicle localization is proposed. The method uses the sonar images of moving agent obtained by forward-looking sonar. To detect the location of the agent in the sonar images, the convolutional neural network is applied. We applied the state-of-art object-detection algorithm to the agent vehicle system. The fast object-detection algorithm based on neural network can fulfil the real-time detection and show the remarkable validity. It means the underwater robot can begin navigation under its feed-back. Through field experiment, we confirm the proposed method can detect and track the agent in the successive sonar images.</p>				
Palomeras, N	Article	Univ Girona	OCT 2016	SENSORS 16 (10): - OCT 2016
<p><b>Title:</b> I-AUV Docking and Panel Intervention at Sea  <b>Abstract:</b> The use of commercially available autonomous underwater vehicles (AUVs) has increased during the last fifteen years. While they are mainly used for routine survey missions, there is a set of applications that nowadays can be only addressed by manned submersibles or work-class remotely operated vehicles (ROVs) equipped with teleoperated arms: the intervention applications. To allow these heavy vehicles controlled by human operators to perform intervention tasks, underwater structures like observatory facilities, subsea panels or oil-well Christmas trees have been adapted, making them more robust and easier to operate. The TRITON Spanish founded project proposes the use of a light-weight intervention AUV (I-AUV) to carry out intervention applications simplifying the adaptation of these underwater structures and drastically reducing the operational cost. To prove this concept, the Girona 500 I-AUV is used to autonomously dock into an adapted subsea panel and once docked perform an intervention composed of turning a valve and plugging in/unplugging a connector. The techniques used for the autonomous docking and manipulation as well as the design of an adapted subsea panel with a funnel-based docking system are presented in this article together with the results achieved in a water tank and at sea.</p>				
Zereik, E	Proceedings Paper	UoS Genova	2015	OCEANS 2015 - GENOVA : - 2015
<p><b>Title:</b> 3D-Belief Space Planning for underwater mobile grasping  <b>Abstract:</b> In the present work, a method based on belief space planning, assuming maximum likelihood of the observations, is applied to the planning of manipulation for an underwater robotic arm. The manipulator is rigidly connected to a floating platform, such as</p>				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

<p>a <b>ROV</b> (Remotely Operated Vehicle) or an AUV (Autonomous Underwater Vehicle). The arm and platform motions are statistically independent from the motion of the object to be grasped. The belief space planning strategy allows to plan the reaching movement with the objectives of concurrently reducing the end-effector distance from the target and the uncertainty on the measure. In this paper the implementation of belief space planning assuming maximum observation likelihood is reported and is applied to an industrial class of underwater arm modelled as purely deterministic. Results obtained by the proposed strategy within preliminary experiments in air are here provided.</p>				
Ridao, P	Review	Sci & Technol Pk Univ Girona	2015	ANNUAL REVIEWS IN CONTROL 40: 227-241 2015
<p><b>Title:</b> Intervention AUVs: The next challenge  <b>Abstract:</b> While commercially available AUVs are routinely used in survey missions, a new set of applications exist which clearly demand intervention capabilities. The maintenance of permanent underwater observatories, submerged oil wells, cabled sensor networks, pipes and the deployment and recovery of benthic stations are a few of them. These tasks are addressed nowadays using manned submersibles or work-class ROVs, equipped with teleoperated arms under human supervision. Although researchers have recently opened the door to future I-AUVs, a long path is still necessary to achieve autonomous underwater interventions. This paper reviews the evolution timeline in autonomous underwater intervention systems. Milestone projects in the state of the art are reviewed, highlighting their principal contributions to the field. To the best of the authors' knowledge, only three vehicles have demonstrated some autonomous intervention capabilities so far: ALIVE, SAUVIM and GIRONA 500, being the last one the lightest one. In this paper GIRONA 500 I-AUV is presented and its software architecture discussed. Recent results in different scenarios are reported: (1) valve turning and connector plugging/unplugging while docked to a subsea panel, (2) free floating valve turning using learning by demonstration, and (3) multipurpose free-floating object recovery. The paper ends discussing the lessons learned so far. (C) 2015 International Federation of Automatic Control. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.</p>				
Stanway, MJ	Article	Monterey Bay Aquarium Res Inst	AUG 2015	JOURNAL OF FIELD ROBOTICS 32 (5): 632-654 Sp. Iss. SI AUG 2015
<p><b>Title:</b> Rotation Identification in Geometric Algebra: Theory and Application to the Navigation of Underwater Robots in the Field  <b>Abstract:</b> We report the derivation and experimental evaluation of a stable adaptive identifier to estimate rigid body rotations using rotors in Geometric Algebra (GA). This work is motivated by the need for in situ estimation of the alignment between sensors commonly used in underwater vehicle navigation. Here we derive an adaptive identifier using a geometric interpretation of the error to drive first-order rotor kinematics. We prove that it is Lyapunov stable, and we show that it is asymptotically stable in the presence of persistent excitation. We use the identifier to estimate the alignment between the Doppler velocity log sonar and the fiber optic gyrocompass used by underwater vehicles for dead reckoning (DR). We evaluate this method in the laboratory with a <b>remotely operated vehicle (ROV)</b>, and then with an autonomous underwater vehicle (AUV) operating in the field at 1, 200m depth. Our results show that this technique reduces dead reckoning navigation errors on these platforms and provides comparable performance to previously reported SO(3) constrained Linear Algebra (LA) approaches. The rotor identifier has a number of advantages over these previously reported methods, including a more straightforward derivation, simpler gain tuning, increased computational efficiency, and reduced data manipulation.</p>				
Palomeras, N	Proceedings Paper	Univ Girona	2014	2014 IEEE/RSJ INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTS AND SYSTEMS (IROS 2014) : 2279- 2285 2014

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

<p><b>Title:</b> I-AUV Docking and Intervention in a Subsea Panel</p> <p><b>Abstract:</b> While commercially available autonomous underwater vehicles (AUVs) are routinely used in survey missions, a new set of applications exist which clearly demand intervention capabilities: the maintenance of permanent underwater structures as well as the recovery of benthic stations or black-boxes are a few of them. These tasks are addressed nowadays using manned submersibles or work-class <b>remotely operated vehicles</b> (ROVs), equipped with teleoperated arms under human supervision. In the context of the TRITON Spanish funded project, a subsea panel docking and an intervention procedure are proposed. The light-weight intervention AUV (I-AUV) Girona 500 is used to autonomously dock into a subsea panel using a funnel-based docking method for passive accommodation. Once docked, an autonomous fixed-based manipulation system, which uses feedback from a digital camera, is used to turn a valve and plug/unplug a connector. The paper presents the techniques used for the autonomous docking and manipulation as well as how the adapted subsea panel has been designed to facilitate such operations.</p>				
Poretti, M	Proceedings Paper	Calif Polytech State Univ San Luis Obispo	2013	2013 OCEANS - SAN DIEGO : - 2013
<p><b>Title:</b> Design of Modular Camera Tool for Mini Underwater ROVs</p> <p><b>Abstract:</b> <b>Remotely operated vehicles</b> are an essential tool for marine researchers and workers. Their robust nature allows them to serve a wide range of purposes, such as remote visual inspection or tool operation. Cameras are the main method for providing operator feedback to the surface. They enable an operator to accurately maneuver or handle objects up to thousands of feet away. Although large ROVs have cameras attached to their robotic arms for closer inspection of objects, min ROVs do not have cameras attached to their robotic arms because no camera tool has been specifically designed to support the low-cost, lightweight design of a mini <b>ROV</b>. Therefore, this paper discusses the design considerations, component selection, and system prototype of an affordable modular underwater camera tool for mini <b>ROV</b> robotic manipulators.</p>				
Liu, WD	Proceedings Paper	Northwestern Polytech Univ	2012	SUSTAINABLE CITIES DEVELOPMENT AND ENVIRONMENT, PTS 1-3 209-211: 2138-2141 Part 1-3 2012
<p><b>Title:</b> Design of a gateway for remotely underwater vehicles</p> <p><b>Abstract:</b> A gateway based on ARM is presented to achieve multi-protocol conversion among different electronic control units. To guarantee its real-time ability and stability, the <math>\mu</math>C/OS-II embedded operation system was adopted. The first-in-first-out data queue is used to balance the communication rate among the different communication protocols which consist of the Controller Area Network, TCP/IP and RS-232. The gateway can be used in remotely manipulation between the console with Ethernet and remote underwater vehicle with other serial communication protocols.</p>				
Bonsignorio, F	Proceedings Paper	Heron Robots	2012	FIELD ROBOTICS : 873-880 2012
<p><b>Title:</b> STOCHASTIC CONTROLLERS FOR ROBUST UNDERWATER MOBILE MANIPULATION</p> <p><b>Abstract:</b> In this paper the technological underpinnings of a novel robust <b>underwater manipulation</b> controller platform currently under development by Heron Robots are briefly described. Underwater visual servoed manipulation performed by a dexterous arm connected to a <b>ROV</b> (<b>Remotely Operated Vehicle</b>) or an AUV (Autonomous Underwater Vehicle) can be seen as a (hard) mobile manipulation problem, as the arm base is rigidly connected to a platform whose motion is stochastically independent from the object motion, from a mechanical standpoint. In our design the 'reaching behaviors' are not pre-designed, their instantiation builds and expands on recently proposed techniques using belief space planning maximum likelihood observations. They will be made more efficient by a high level functional</p>				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

<p>representation of the configuration space of the mobile manipulation task, based on invariant and constraint properties of displacement (Lie) groups. The adoption of such a canonical representation of both the kinematics and the dynamics of the manipulation action will allow the accurate parameterization of the hand-object relations to characterize the phase space portrait of the overall system and reduce the search space of the planning algorithm. We are implementing a probabilistic kinematic planning of the manipulation task involving the modeling of nonholonomic movement of the manipulator platform: the platform moves naturally for the water streams and moves in a partially actuated way to ease the manipulation. The key scientific objective is the development of robust planning and control algorithms for the underwater mobile manipulation and robust mobile manipulation in general.</p>				
De Novi, G	Article	UNIBO	NOV 2010	IEEE AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS MAGAZINE 25 (11): 32-36 NOV 2010
<p><b>Title:</b> New Approach for a Reconfigurable Autonomous Underwater Vehicle for Intervention  <b>Abstract:</b> This shows an on-going project named RAUVI (i.e., Reconfigurable AUV for Intervention). This project aims to design and develop an Underwater Autonomous Robot, able to perceive the environment by means of acoustic and optic sensors, and equipped with a <b>robotic arm</b> in order to autonomously perform simple intervention tasks. A complete simulation environment, including this new concept of rob., has been developed and is presented as a preliminary result.</p>				
Whitcomb, LL	Proceedings Paper	Johns Hopkins Univ	2010	2010 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION (ICRA) : 594-600 2010
<p><b>Title:</b> Navigation and Control of the Nereus Hybrid Underwater Vehicle for Global Ocean Science to 10, 903 m Depth: Preliminary Results  <b>Abstract:</b> This paper reports an overview of the navigation and control system design for the new Nereus hybrid underwater robotic vehicle (HROV). Vehicle performance during its first sea trials in November 2007 near Hawaii, and in May and June 2009 in the Challenger Deep of the Mariana Trench is reported. During the latter expedition, the vehicle successfully performed scientific observation and sampling operations at depths exceeding 10, 903 m. The Nereus underwater vehicle is designed to perform scientific survey and sampling to the full depth of the ocean - significantly deeper than the depth capability of all other present-day operational vehicles. For comparison, the second deepest underwater vehicle currently operational worldwide can dive to 7, 000 m maximum depth. Nereus operates in two different modes. For broad-area survey, the vehicle can operate untethered as an autonomous underwater vehicle (AUV) capable of exploring and mapping the sea floor with sonars and cameras. Nereus can be converted at sea to become a tethered <b>remotely operated vehicle (ROV)</b> to enable close-up imaging and sampling. The <b>ROV</b> configuration incorporates a lightweight fiber-optic tether (for high-bandwidth, real-time video and data telemetry to the surface), an electro-hydraulic manipulator arm, and sampling instruments. The Nereus vehicle is designed to render all parts of the Earth's seafloor accessible to oceanographic science.</p>				
Jun, BH	Article	Korean Intellectual Property Off	MAY 2008	JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY 22 (5): 887-894 MAY 2008
<p><b>Title:</b> Manipulability analysis of underwater robotic arms on <b>ROV</b> and application to task-oriented joint configuration  <b>Abstract:</b> This paper describes the task-oriented manipulability of tele-operated robotic arms mounted on a <b>remotely operated vehicle (ROV)</b> and its application to task-oriented joint configurations. The main purpose of the study is to reduce the tele-operator's burden in performing underwater tasks by enhancing the functionality of the manipulator. Even though a manipulator has 6 degrees-of-freedom (DOF), which is proper DOF to work in Cartesian workspace, the manipulator might have redundancy according to task types and order of task-priority. This paper focuses on the problem to utilize the redundancy by introducing a scalar function as an object of optimization. The scalar function is composed of a task-oriented manipulability measure (TOMM) and joint limit measure (JLM). Using</p>				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

sequential quadratic programming (SQP) with the object function, we obtained optimal postures of the manipulator for a given position constraint of the end-effector. Adopting the scalar function as a performance index, we solved a redundancy resolution problem based on the pseudo inverse of the task-oriented Jacobian matrix.				
Zoppi, M	Article	Univ Genoa	AUG 2007	JOURNAL OF MECHANICAL DESIGN 129 (8): 808-815 AUG 2007
<p><b>Title:</b> ArmillEye: Flexible platform for underwater stereo vision</p> <p><b>Abstract:</b> The paper describes ArmillEye, a 3-degree of freedom (DOF) flexible hybrid platform designed for agile underwater stereoptic vision. Effective telecontrol systems of <b>remote operated vehicles</b> require active and dexterous camera support in order to allow the operator to easily and promptly change the point of view, also improving the, virtual reconstruction of the environment in difficult operative conditions (dirtiness, turbulence, and partial occlusion). The same concepts hold for visual servoing of autonomous underwater vehicles. ArmillEye was designed for this specific application; it is based on the concept of using a parallel-hybrid mechanism architecture that, in principle, allows us to minimize the ad hoc waterproof boxes (generally only for cameras) while the actuators, fixed to the base of the mechanism, can be placed into the main body of the underwater vehicle. This concept was revealed effective and was previously proposed for underwater arms. The synthesis of ArmillEye followed the specific aims of visual telecontrol and servoing, specifying vision workspace, dexterity, and dynamics parameters. Two versions of ArmillEye are proposed: the first one with two cameras to obtain a stereoptic vision by using two viewpoints (two rotational freedoms with a fixed tilt or pan axis and vergence); the second one with one camera operated to obtain a stereoptic vision by using one viewpoint (two rotational freedoms with a fixed tilt or pan axis and extrusion).</p>				
Hoang, NQ	Article	Tech Univ Hamburg	APR 2007	CONTROL ENGINEERING PRACTICE 15 (4): 411-419 APR 2007
<p><b>Title:</b> Adaptive PD-controller for positioning of a <b>remotely operated vehicle</b> close to an underwater structure: Theory and experiments</p> <p><b>Abstract:</b> The requirement for high accuracy in dynamic positioning of <b>remotely operated vehicles (ROV)</b>, especially when tasks close to underwater structures have to be performed, demands high precision of sensor systems. Taut-wire and passive arm systems can satisfy this demand in measuring ROVs positions and orientations relative to a structure. However, the main drawback of these sensor systems is that additional forces act on ROVs due to the mechanical connection. In order to solve this problem, an adaptive PD controller is proposed and designed for dynamic positioning of ROVs working in close proximity of structures. Invoking the adaptation law, these additional forces caused by the passive arm and umbilical, and even by the uncertainties in gravity and buoyancy can be identified and compensated. By choosing an adequate Lyapunov candidate function, the system's stability is proven. The effectiveness of this design control method is demonstrated by means of numerical simulations and experiments. (c) 2006 Elsevier Ltd. All rights reserved.</p>				
Hosseini, MKA	Article	Iran Marine Ind Co SADRA	MAY 2006	JOURNAL OF OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING-TRANSACTIONS OF THE ASME 128 (2): 119-132 MAY 2006
<p><b>Title:</b> A composite rigid body algorithm for modeling and simulation of an underwater vehicle equipped with manipulator arms</p> <p><b>Abstract:</b> In this paper modeling and simulation of an underwater vehicle equipped with manipulator arms, using a composite rigid body algorithm, will be discussed. Because of the increasing need for unmanned underwater vehicles (UUVs) in oil and gas projects in the Persian Gulf for doing operations such as inspection of offshore jackets, subsea pipelines, and submarine cables, and also pre-installation survey and post-laid survey of submarine pipelines and cables, design and construction of "SROV" was developed in Sharif University of Technology, and at the design stage behavior of the underwater vehicles was studied. In this paper an efficient dynamic simulation algorithm is developed for an UUV equipped with In manipulators so that each of them has N degrees of freedom. In addition to the</p>				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

effects of the mobile base, the various hydrodynamic forces exerted on these systems in an underwater environment are also incorporated into the simulation. The effects modeled in this work are added mass, viscous drag, fluid acceleration, and buoyancy forces. For drag forces, the emphasis here is on the modeling of the pressure drag. Recent advances in underwater position and velocity sensing enable real-time centimeter-precision position measurements of underwater vehicles. With these advances in position sensing, our ability to precisely control the hovering and low-speed trajectory of an underwater vehicle is limited principally by our understanding of the vehicle's dynamics and the dynamics of the bladed thrusters commonly used to actuate dynamically positioned marine vehicles. So the dynamics of thrusters are developed and an appropriate mapping matrix dependent on the position and orientation of the thrusters on the vehicle is used to calculate resultant forces and moments of the thrusters on the center of gravity of the vehicle. It should be noted that hull-propeller and propeller-propeller interactions are considered in the modeling too. Finally, the results of the simulations, for an underwater vehicle equipped with 1 two degrees of freedom manipulator are presented and discussed in detail.				
Lee, PM	Proceedings Paper	MOERI	2006	OCEANS 2006 - ASIA PACIFIC, VOLS 1 AND 2 : 742-+ 2006
<b>Title:</b> Navigation and control system of a deep-sea unmanned underwater vehicle 'HEMIRE' <b>Abstract:</b> This paper presents a hybrid underwater navigation and control system for positioning, guidance and control of a deep-sea unmanned underwater vehicle (UUV), HEMIRE. For precise navigation of the UUV, the hybrid navigation system is designed based on strap-down IMU (inertial measurement unit) accompanying with USBL (Ultra-short base line), DVL (Doppler velocity log), range sonar, depth and heading sensors. Initial localization and position reference of the UUV are performed with the USBL when the vehicles are in stationary condition. This paper also presents the characteristics of the UUV and the system constitution of the surface control unit. HEMIRE is equipped with two hydraulic manipulators, ORION, which are remotely controlled at the surface vessel via fiber optic communication. An operator can control the manipulators with a workspace-controlled master arm as well as a parallel-type master arm. This paper describes the task-oriented control of the tele-operated robotic arms mounted on HEMIRE and its application to task-oriented joint configurations.				
Jun, BH	Proceedings Paper	KORDI	2004	OCEANS '04 MTS/IEEE TECHNO-OCEAN '04, VOLS 1- 2, CONFERENCE PROCEEDINGS, VOLS. 1-4 : 1548-1553 2004
<b>Title:</b> Manipulability analysis of underwater robotic arms on ROV and application to task-oriented joint configuration <b>Abstract:</b> This paper describes task-oriented manipulability of tele-operated robotic arms mounted on remotely operated vehicle (ROV) and its application to task-oriented joint configurations. Main purpose of the study is to reduce tele-operator's burden in performing underwater tasks by enhancing the functionality of manipulator. Even though a manipulator has 6 degrees-of-freedom (DOF), which is proper DOF to work in Cartesian workspace, the manipulator might have redundancy according to task types and order of task-priority. This paper focuses on the problem to utilize the redundancy by introducing a scalar function as an object of optimization. The scalar function is composed of task-oriented manipulability measure (TOMM) and joint limit measure (JLM). Using sequential quadratic programming (SQP) with the object function, we obtained optimal postures of manipulator for a given position constraint of end-effector. Adopting the scalar function as a performance index, we solve a redundancy resolution problem based on pseudo inverse of task-oriented Jacobian matrix.				
Antonelli, G	Article	Univ Cassino	APR 2003	CONTROL ENGINEERING PRACTICE 11 (4): 445-452 APR 2003
<b>Title:</b> A fuzzy approach to redundancy resolution for underwater vehicle-manipulator systems <b>Abstract:</b> The problem of redundancy resolution and motion coordination between the vehicle and the manipulator in underwater vehicle-				

## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

manipulator systems (UVMSs) is addressed in this paper. UVMSs usually possess more degree of freedom than those required to perform end-effector tasks; therefore, they are redundant system and kinematic control techniques can be applied aimed at achieving additional control objectives besides tracking of the end-effector trajectory. In this paper, a task-priority inverse kinematics approach to redundancy resolution is merged with a fuzzy technique to manage the vehicle-arm coordination. The fuzzy technique is used both to distribute the motion between vehicle and manipulator and to handle multiple secondary tasks. A numerical case study is developed to demonstrate effectiveness of the proposed technique. (C) 2003 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.				
Pillai, PRS	Proceedings Paper	-	2003	OCEANS 2003 MTS/IEEE: CELEBRATING THE PAST...TEAMING TOWARD THE FUTURE : 355-355 2003
<b>Title:</b> Design and development of a remotely operated underwater multi-robot manipulator controller <b>Abstract:</b> -				
Marchand, E	Article	INRIA Rennes	JUL 2002	INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBOTICS RESEARCH 21 (7): 635-647 JUL 2002
<b>Title:</b> Controlling an uninstrumented manipulator by visual servoing <b>Abstract:</b> In this paper we present a method to control the displacement of a <b>robot arm</b> with no proprioceptive sensor. The joint positions are not available and this manipulator is usually open-loop controlled. In order to get a more efficient control interface, we propose a closed-loop system based on an eye-to-hand visual servoing approach. We show that, using such an approach, measurement of the manipulator motion with proprioceptive sensors is not required to precisely control the end-effector motion. We propose solutions for position-based control and velocity control of the manipulator. To maintain. the end effector in the camera field of view, the camera orientation is also controlled. Various results show the validity and the efficiency of the approach.				
Carignan, CR	Article	Univ Maryland	AUG 2001	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART C-APPLICATIONS AND REVIEWS 31 (3): 327-336 AUG 2001
<b>Title:</b> Control architecture and operator interface for a free-flying robotic vehicle <b>Abstract:</b> Space and underwater vehicles with robotic arms can severely tax the capability of conventional control systems. Submersible vehicles used in neutral buoyancy simulation are subject to even greater demands since they must simulate the dynamics of spacecraft on orbit as well as function as a remotely-operated underwater vehicle. In this report, the onboard control architecture, human-machine interface, and vehicle/operator communications are described for one such vehicle in operation at the University of Maryland Neutral Buoyancy Research Facility (NBRF). The Ranger Neutral Buoyancy Vehicle (RNBV) exemplifies the high-dimensional, computationally intensive nature of the current fleet of autonomous underwater vehicles while its complement of four manipulators exceeds the capabilities of most <b>remotely operated vehicles</b> in service today. The sensor-based, embedded onboard control system is described, and its implementation using multiple control stations is discussed.				
Marchand, T	Proceedings Paper	IRISA	2001	OCEANS 2001 MTS/IEEE: AN OCEAN ODYSSEY, VOLS 1-4, CONFERENCE PROCEEDINGS : 1047-1053 2001
<b>Title:</b> Controlling an uninstrumented <b>ROV</b> manipulator by visual servoing <b>Abstract:</b> In this paper we present a vision-based method to control the displacement of <b>robot arm</b> mounted on an underwater <b>ROV</b> . A closed-loop system based on an eye-to-hand visual servoing approach has been designed to achieve this task. We show that, using such an approach, measuring the manipulator motion with proprioceptive sensors is not required to precisely control the end-effector motion.				



## Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

To maintain the end effector in the field of view, the camera orientation is also controlled. Presented results show the validity of the approach.				
Marchand, E	Proceedings Paper	Inst Natl Rech Informat & Automat	2001	2001 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROBOTICS AND AUTOMATION, VOLS I-IV, PROCEEDINGS : 2773-2778 2001
<b>Title:</b> Controlling the manipulator of an underwater ROV using a coarse calibrated pan/tilt camera <b>Abstract:</b> In this paper we present a vision-based method to control the displacement of robot arm mounted on an underwater ROV. A closed-loop system based on an eye-to-hand visual servoing approach has been designed to achieve this task. We show that, using such an approach, measuring the manipulator motion with proprioceptive sensors is not required to precisely control the end-effector motion. To maintain the end effector in the field of view, the camera orientation is also controlled. Presented results show the validity of the approach.				
Heney, PJ	Article	-	NOV 2000	HYDRAULICS & PNEUMATICS 53 (11): 31-+ NOV 2000
<b>Title:</b> Forestry equipment strikes fear into trees <b>Abstract:</b> -				
Simon, D	Article	Inst Natl Rech Informat & Automat Sophia Anitpoli	OCT 1998	INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS SCIENCE 29 (10): 1081-1098 OCT 1998
<b>Title:</b> Control laws, tasks and procedures with ORCCAD: application to the control of an underwater arm <b>Abstract:</b> Software reliability is a major issue in the design of control architecture for robots operating in hostile or poorly known environments. The ORCCAD control architecture gathers control laws in continuous time at low levels and logical aspects in discrete time at higher levels. While some performances can be checked using simulations, crucial properties such as dead-lock avoidance, safety mid liveness can be formally verified at both levels, using in particular some advantages of synchronous programming and associated tools. In the framework of the Union project, the underlying programming style using mission composition of the basic actions and formal verification is illustrated by the design of an underwater structure inspection mission simulation using a remotely operated vehicle fitted with a manipulator. Since the physical system is not yet ready, only realistic simulation, results are provided, but it is expected that they: will be rather easy to transfer to the real plant.				
Lapierre, L	Proceedings Paper	LIRMM	1998	OCEANS'98 - CONFERENCE PROCEEDINGS, VOLS 1-3 : 931-935 1998
<b>Title:</b> Hybrid position/force control of a ROV with a manipulator <b>Abstract:</b> A new control method to improve the behaviour of a ROV platform equipped with a manipulator has been developed. The torque produced by the arm on the platform is estimated with a force sensor installed on the joint between the manipulator and the vehicle. This allows to correct the position errors of the platform using a force control loop included in the position control loop. This paper describes the principles of this control method (Part II), the simulator which has been developed to test it (Part III), and the simulation results (Part IV).				

### Núcleo de Propriedade Intelectual - NPI

#### RELATÓRIO DE BUSCA PARA AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE DE TECNOLOGIA Pesquisa em documentos de patentes e literatura científica

Schebor, FS	Proceedings Paper	INNOVAT ASSOCIATES INC	1995	TELEMANIPULATOR AND TELEPRESENCE TECHNOLOGIES II 2590: 23-32 1995
<b>Title:</b> A virtual environment for undersea telepresence <b>Abstract:</b> -				
Broome, D	Proceedings Paper	TECH SOFTWARE CONSULTANTS LTD	1995	OCEANS '95 MTS/IEEE - CHALLENGES OF OUR CHANGING GLOBAL ENVIRONMENT, CONFERENCE PROCEEDINGS, VOLS 1-3 : 1216-1224 1995
<b>Title:</b> Subsea weld inspection using an advanced robotic manipulator <b>Abstract:</b> -				
McLain, TW	Proceedings Paper	STANFORD UNIV	1995	OCEANS '95 MTS/IEEE - CHALLENGES OF OUR CHANGING GLOBAL ENVIRONMENT, CONFERENCE PROCEEDINGS, VOLS 1-3 : 1208-1215 1995
<b>Title:</b> Experiments in the coordination of <b>underwater manipulator</b> and vehicle control <b>Abstract:</b> -				
Boyle, BG	Article	-	1995	TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF MEASUREMENT AND CONTROL 17 (5): 242-250 1995
<b>Title:</b> Concept evaluation trials of teleoperation system for control of an underwater <b>robotic arm</b> by graphical simulation techniques <b>Abstract:</b> In the main, the current control method for <b>underwater manipulators</b> involves a master-slave robot configuration combined with visual feedback provided by closed-circuit TV from a number of <b>ROV</b> mounted cameras. In order to overcome the various drawbacks of this system, a new method of both control and feedback, utilising simulation software developed for off-line programming, is currently under development at Cranfield. This paper describes these new methods, and summarises the need for them and their inherent advantages over current technology. It also includes a description of the first stages of their development and the evaluation experiments which were used to judge the feasibility of the continuance of the project.				
LARKUM, T	Proceedings Paper	TECH SOFTWARE CONSULTANTS LTD	1994	PROCEEDINGS OF THE THIRD IEEE CONFERENCE ON CONTROL APPLICATIONS, VOLS 1-3 : 1081-1086 1994
<b>Title:</b> ADVANCED CONTROLLER FOR AN <b>UNDERWATER MANIPULATOR</b> <b>Abstract:</b> -				
LANE, DM	Proceedings Paper	-	1991	INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL 91, VOLS 1 AND 2 332: 493-498 1991
<b>Title:</b> PLANNING AND CONTROL FOR COORDINATION OF <b>UNDERWATER MANIPULATORS</b> <b>Abstract:</b> -				