

Rumo à prevenção de acidentes com embarcações na região amazônica. Parte II: as tecnologias 4.0 como alternativas

Towards prevention of ship accidents in the amazon region. Part II: 4.0 technologies as alternatives

DOI:10.34117/bjdv8n11-348

Recebimento dos originais: 28/10/2022

Aceitação para publicação: 29/11/2022

Giovanna Mabily Pinto Abdel Aziz

Graduanda em Engenharia Naval

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Parque Dez, Manaus - AM, CEP: 69050-020

E-mail: gmpaa.eng16@uea.edu.br

Jassiel Fontes

Doutor em Engenharia Oceânica

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Parque Dez, Manaus - AM, CEP: 69050-020

E-mail: jvfontes@uea.edu.br

Harlysson Maia

Mestre em Engenharia Naval

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Parque Dez, Manaus - AM, CEP: 69050-020

E-mail: hwmaia@uea.edu.br

Nadia Leticia do Nascimento Soares

Graduanda em Engenharia Naval

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Parque Dez, Manaus - AM, CEP: 69050-020

E-mail: nlns.gen18@uea.edu.br

Paulo Rodrigo Ramos de Almeida

Graduando em Engenharia Naval, Bolsista FAPEAM

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Parque Dez, Manaus - AM, CEP: 69050-020

E-mail: prra.gen18@uea.edu.br

Irving Hernández

Doutor em Engenharia Oceânica

Instituição: Universidade Federal do Rio de Janeiro - Núcleo de Estruturas Oceânicas

Endereço: Bloco I-208, Cidade Universitária - RJ, CEP: 20945-970

E-mail: irving.david@coppe.ufrj.br

RESUMO

As tecnologias da Indústria 4.0 podem ser alternativas para aumentar a eficiência e a segurança em diversas atividades da indústria naval brasileira, incluindo a prevenção de

acidentes com embarcações em regiões em desenvolvimento como a região amazônica. Porém, as tecnologias 4.0 são recentes e apesar da sua crescente atenção em diversas áreas da engenharia, ainda há falta de divulgação da informação relacionada com as alternativas de aplicação na Engenharia Naval. O presente artigo apresenta os conceitos básicos de algumas das tecnologias 4.0 que estão sendo aplicadas na indústria naval, incluindo exemplos recentes de aplicação. As seguintes tecnologias foram consideradas: Sistemas Ciberfísicos (*CPS, Cyberphysical Systems*), Realidade Aumentada (*AR, Augmented Reality*), Análise de Macrodados (*BDA, Big Data Analytics*), Computação em Nuvem (*CC, Cloud Computing*) e Internet das Coisas (*IoT, Internet of Things*). Foi identificado que as aplicações das tecnologias 4.0 têm bastante potencial de inovação em atividades de construção naval e transporte aquaviário e marítimo, visando a otimização de processos e a prevenção de acidentes. No entanto, projetos de pesquisa e desenvolvimento em vários campos de atuação ainda precisam ser planejados no Brasil. Para implementar estes projetos, as limitações próprias da indústria 4.0 e as barreiras das regiões em desenvolvimento precisam ser consideradas.

Palavras-chave: embarcações, indústria naval, prevenção de acidentes, tecnologias 4.0.

ABSTRACT

Industry 4.0 technologies can be alternatives to increase the efficiency and security in several activities of the Brazilian naval industry, including the prevention of ship accidents in developing regions like the Amazon region. However, 4.0 technologies are recent and despite the growing attention of these technologies in several areas of engineering, there is still a lack of dissemination of information related to the alternatives of application in Naval Engineering. The present work presents the basic concepts of some Industry 4.0 technologies that are being applied in the naval industry, including recent examples of application. Next technologies were considered: Cyberphysical Systems (CPS), Augmented Reality (AR), Big Data Analytics (BDA), Cloud Computing (CC) and Internet of Things (IoT). It was identified that the applications of 4.0 technologies have a lot of innovation potential in activities of shipbuilding, waterway and maritime transport, aiming at optimizing processes and preventing accidents. However, research and development projects in several areas still need to be planned in Brazil. To implement these projects, the limitations of Industry 4.0 and the barriers of developing regions need to be considered.

Keywords: ships, naval industry, accident prevention, 4.0 technologies.

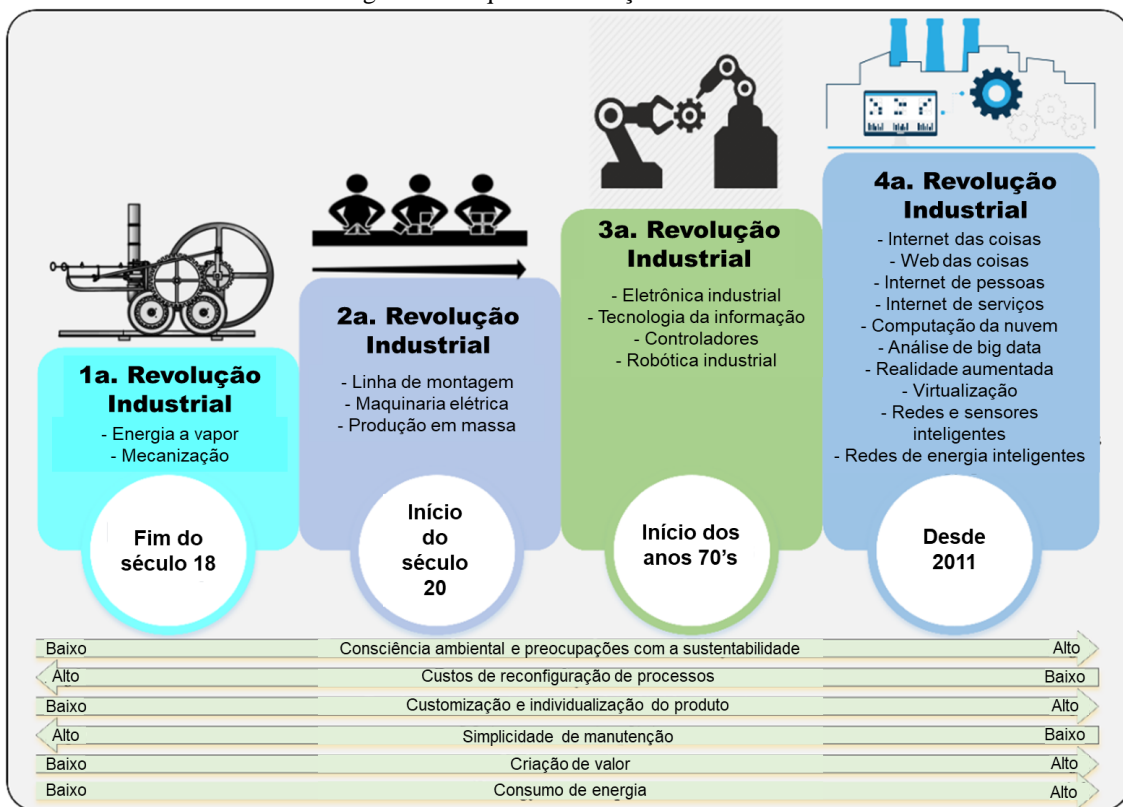
1 INTRODUÇÃO

A indústria naval brasileira tem abrangência em diversas atividades fluviais e oceânicas relacionadas com a construção naval e transporte. O Brasil possui a maior parte da floresta amazônica, onde a navegação fluvial é um dos principais meios de transporte e de atividades comerciais. No entanto, ainda acontecem acidentes diversos relacionados com o uso de embarcações nesta região, sendo necessário planejar alternativas de

prevenção. Abordagens recentes como o uso das tecnologias da Indústria 4.0 podem ser consideradas como opções para minimizar este problema.

A Indústria 4.0 pode ser considerada como o surgimento de um conjunto de tecnologias modernas de inteligência e informação. Essas tecnologias recentes têm o potencial de aumentar a produtividade ao reduzir o tempo de operação ou otimizar procedimentos e, ao mesmo tempo, proporcionar um impacto significativo na sustentabilidade econômica e socioambiental. A indústria 4.0 recebe esse nome devido às revoluções industriais que têm acontecido ao longo dos anos, como ilustrado na Figura 1, a qual mostra as tecnologias relevantes e as contribuições mais significativas em cada época.

Figura 1. As quatro revoluções industriais.



Fonte: Traduzido de Ng et al. (2022). Imagem utilizada sob a licença *Creative Commons* CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

As tecnologias da Indústria 4.0 (ver alguns exemplos na Figura 1) podem ser utilizadas para melhorar processos e realizar inovações em diversas áreas da engenharia, incluindo operações mais sustentáveis. Embora a adoção de novas tecnologias seja um fator importante no desenvolvimento econômico de uma região, muitas vezes o processo de implementação dessas tecnologias não acontece rapidamente. Isto se deve,

principalmente, à velocidade das mudanças tecnológicas e à necessidade de capacidades para assimilar novos conhecimentos. Delera et al. (2022) discutiu a problemática da adoção de novas tecnologias em países em desenvolvimento, considerando os casos de estudo de empresas de manufatura.

As tecnologias 4.0 estão sendo consideradas em diversas aplicações da ciência e tecnologia, incluindo pesquisas recentes na área da saúde, nas quais têm sido discutidas as possibilidades de melhora de procedimentos na medicina (HALEEM et al., 2022), a prevenção de infecções respiratórias como o COVID19 (JAVAID et al., 2020; PARANITHARAN et al., 2022), e o combate a possíveis pandemias (MOOSAVI; BAKHSHI; MARTEK, 2021). Também, têm sido consideradas aplicações na indústria, incluindo a otimização de procedimentos na indústria do plástico no Brasil (NARA et al., 2021), a tomada de decisões na indústria da madeira (MOLINARO; ORZES, 2022), a solução de problemas complexos de manufatura (AMMAR et al., 2021), a otimização da cadeia de abastecimento de produtos agrícolas (YADAV et al., 2022), a melhora de procedimentos de saúde e segurança no trabalho (ZORZENON; LIZARELLI; DANIEL, 2022), entre outras aplicações.

Um dos tópicos de aplicação mais relevantes das tecnologias 4.0 está relacionado com a prevenção de acidentes em diversas áreas da engenharia. Zavodjancík et al. (2021) discutiram as medidas e formas de redução da ocorrência de acidentes de trânsito entre veículos e pedestres. Posteriormente, Martynenko et al. (2022) pesquisaram alternativas para aumentar a eficiência de métodos de pesquisa para prevenir acidentes ferroviários.

Aplicações navais relacionadas com veículos autônomos estão sendo desenvolvidas atualmente com o uso de tecnologias 4.0, particularmente em embarcações que operam na superfície do mar e robôs submarinos. Höyhty et al. (2017) e Felski et al. (2020) apresentaram os desafios e ameaças no uso de embarcações autônomas no oceano, enquanto Sahoo et al. (2019) apresentaram os avanços mais recentes relacionados com veículos subaquáticos autônomos. Uma revisão das características hidrodinâmicas destes últimos foi feita por Panda et al. (2021). Petrovic et al. (2020) pesquisou os acidentes de tráfego com veículos autônomos, avaliando os tipos de colisão, tipos de manobras e erros comuns dos condutores dos veículos.

De la Peña Zarzuelo et al. (2020) apresentaram uma revisão considerável das aplicações da Indústria 4.0 na indústria portuária e marítima, descrevendo a evolução das tecnologias e funções portuárias ao longo dos anos (Figura 2).



Fonte: Adaptado de Deloitte (2017) *apud* De la Peña Zarzuelo (2020).

Sullivan et al. (2020) explicaram o conceito Marítimo 4.0 (*Maritime 4.0 – M4.0*), avaliando as oportunidades na digitalização e manufatura avançada para o desenvolvimento de embarcações. Eles salientaram a importância da integração de tecnologias 4.0 para melhorar os processos de fabricação. No trabalho, os autores explicaram conceitos básicos relacionados com a relevância da digitalização nos sistemas de desenho e construção de embarcações. Além disso, propuseram que o conceito Marítimo 4.0 se refere aos seguintes tópicos:

- A integração automatizada de dados reais na tomada de decisões;
- A adoção e a implementação de tecnologias conectadas para projeto, produção e operação;
- Redução do impacto ambiental da embarcação, relacionado à produção, operação, descarte (incluindo emissões, ruído subaquático e utilização de material);
- Operação acessível e sustentável; e
- Redução de riscos, aumentando a segurança e proteção.

Nesse contexto, segundo Sullivan et al. (2020), os principais elementos do conceito *Maritime 4.0* estão relacionados com o desenho da embarcação, a construção da embarcação, a operação e o serviço. Os tópicos principais do *Maritime 4.0* que precisam ser considerados são: inovação, sustentabilidade, segurança e seguridade, e operações automatizadas e conectadas.

Sepehri et al. (2021) apresentou uma das contribuições mais recentes das aplicações da indústria 4.0 na Engenharia Naval. Eles desenvolveram um estudo de revisão do uso de tecnologias 4.0 para prevenir acidentes em atividades do transporte marítimo. Segundo eles, a aplicação destas tecnologias para a área de transporte marítimo é conhecida também como *Shipping 4.0*. Basicamente, o estudo consistiu em apresentar as tecnologias 4.0 mais comuns, identificar os riscos críticos de acidentes no transporte

marítimo e analisar o papel das tecnologias 4.0 no controle desses riscos, propondo recomendações para desenvolvimentos futuros.

Como descrito acima, têm-se estudado a aplicabilidade das tecnologias 4.0 para prevenir acidentes em algumas áreas do conhecimento. Diante disso, é possível que existam alternativas para prevenir acidentes com embarcações em regiões em desenvolvimento, como a região amazônica. Para o nosso conhecimento, há uma falta de publicações de artigos de revisão na literatura brasileira que apresentem os conceitos básicos das tecnologias da Indústria 4.0 mais comuns na indústria naval, incluindo exemplos ilustrativos de avanços recentes. Assim, segundo a classificação de tecnologias proposta por Sepehri et al. (2021), o presente artigo apresenta os conceitos básicos das tecnologias 4.0 mais comuns na indústria naval, descrevendo exemplos de aplicação recentes. O artigo fornece algumas definições e exemplos relevantes que podem auxiliar os autores que buscam inovar nas diversas áreas da indústria naval, incluindo processos de construção naval, operações no transporte aquaviário e marítimo, prevenção de acidentes, entre outras.

2 AS TECNOLOGIAS 4.0 E A INDÚSTRIA NAVAL

As tecnologias 4.0 consideradas no presente estudo são descritas na Tabela 1 e foram escolhidas seguindo o trabalho de Sepehri et al. (2021). As tecnologias são descritas nas seguintes subseções, considerando alguns exemplos de aplicação na indústria naval.

Tabela 1. Definição das tecnologias 4.0 consideradas no presente trabalho.

Tecnologias 4.0		
Sigla da tecnologia (em inglês)	Nome da tecnologia (em inglês)	Nome da tecnologia (em português)
<i>CPSs</i>	<i>Cyber-Physical Systems</i>	Sistemas cibernéticos e físicos (ou <i>ciberfísicos</i>)
<i>AR</i>	<i>Augmented Reality</i>	Realidade aumentada
<i>BDA</i>	<i>Big Data Analytics</i>	Análise de macrodados
<i>CC</i>	<i>Cloud Computing</i>	Computação em nuvem
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>	Internet das coisas

2.1 SISTEMAS CIBERFÍSICOS

Os Sistemas Ciberfísicos (*CPSs – Cyber-Physical Systems*) são comuns no campo da engenharia e, basicamente, dependem da utilização em conjunto de algoritmos computacionais e componentes físicos para executar tarefas. Em geral, os *CPSs* podem

integrar recursos computacionais e de rede, diversos tipos de sensores e mecanismos de controle em vários sistemas físicos, conectando-os para interagir entre eles. O desenvolvimento e inovação com CPSs têm o potencial de tornar os sistemas e os processos mais confiáveis, eficientes, precisos e responsivos.

Sepehri et al. (2021) apresentou vários exemplos de sistemas ciberfísicos utilizados em aplicações de transporte marítimo, como descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Alguns tipos de Sistemas Ciberfísicos utilizados em aplicações de transporte marítimo.

Sigla (em inglês)	Nome (em inglês)	Nome (em português)	Descrição básica	Aplicações comuns
AIS	<i>Automatic Identification System</i>	Sistema de identificação automática	Consiste em um banco de dados de rastreamento de embarcações em tempo real. Ajuda a relatar características da embarcação, como localização e velocidade.	Prevenção de acidentes do tipo colisão, otimização dos processos de navegação e monitoramento dos movimentos da embarcação.
AGN	<i>Autonomous Guidance and Navigation</i>	Orientação e navegação autônoma	Um sistema autônomo de navegação de embarcações.	Prevenção de acidentes através da detecção de obstáculos usando tomada de decisão inteligente.
ARPA	<i>Automatic Radar Plotting Aids</i>	Auxiliares de plotagem de radar automático	Sistema de navegação de apoio que detecta o número de embarcações dentro de um raio de ação.	Prevenção de colisões por meio do cálculo de indicadores de proximidade baseadas em entradas do radar marítimo.
ECDIS	<i>Electronic Chart Display and Information System</i>	Sistema de exibição de cartas eletrônica e informação	Sistema de apoio à navegação que permite identificar diversos locais e a direção da embarcação.	Manter a segurança de navegação por meio da conexão de diferentes conjuntos de dados de navegação para planejamento, execução e monitoramento de rotas.
GPS	<i>Global Positioning System</i>	Sistema de posicionamento global	Pode ser definido como o primeiro sistema de navegação que determina a localização de uma embarcação.	Segurança da navegação por meio da atualização de dados precisos e confiáveis sobre posição e navegação.
IBS	<i>Integrated Bridge Systems</i>	Sistemas de ponte integrados	Uma série de telas e módulos acoplados e interconectados que permitem monitoramento centralizado e acesso à navegação, propulsão e controles da embarcação.	Segurança de navegação combinando todos os sistemas relevantes do navio sob um sistema abrangente. Pode fornecer espaço para exibição e controle de informações “tudo-em-um”, melhorando o desempenho do navegador.
IR	<i>Intelligent Robotics</i>	Robótica Inteligente	Sistemas que podem ser usados para aplicações diversas, incluindo limpeza e manutenção de embarcações totalmente autônomas, sem piloto, sem capitão e sem tripulação a bordo.	Contribuir no transporte autônomo para diminuir a possibilidade de falhas e mitigar o risco de acidentes, coletando os derramamentos de óleo que são perigosos para os trabalhadores expostos a produtos

				químicos, gases tóxicos e alto risco de incêndio ou explosão.
VDR	Voyage Recorder	Data Recorder	Gravador de dados de viagem	É um sistema de gravação para dados de movimento de embarcações. O sistema pode registrar os dados de sistemas AIS e ARPA, fornecendo uma imagem completa do tráfego nas proximidades.
VTS	Vessel Service	Traffic	Serviço de tráfego de embarcações	Sistema utilizado para monitorar o tráfego em águas costeiras e portos.
				Realizar investigações caso existam acidentes, coletando dados relevantes dos instrumentos da embarcação.
				Conhecimento preciso do tráfego marítimo circundante e das condições relevantes do hidrômetro.

Fonte: Traduzido e adaptado de Sepehri et al. (2021).

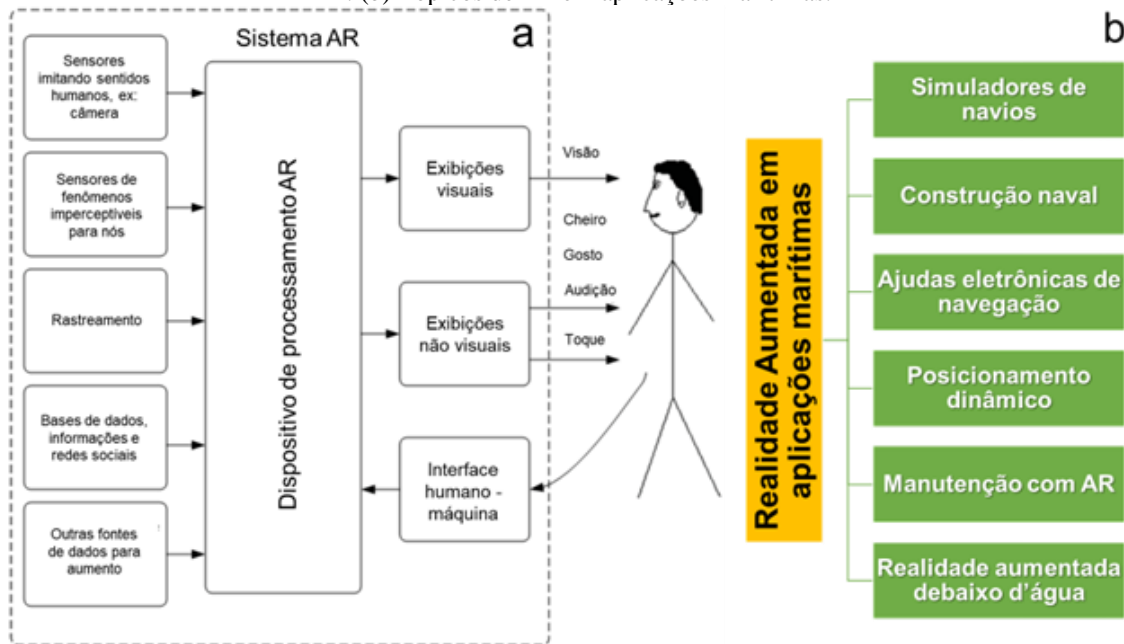
2.2 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (*AR – Augmented Reality*) é uma tecnologia que combina a realidade com um ambiente virtual, através da tela de um determinado dispositivo de visualização como celular, computador, tablet, entre outros. Assim, é possível apresentar informações virtuais na imagem do ambiente real. A adição de informações no ambiente real, dá a impressão de que já faz parte do ambiente.

Um sistema de *AR* requer entradas e saídas de dados, como mostrado na Figura 3a. Geralmente, as saídas são exibições visuais e não visuais que podem gerar uma resposta no ser humano, que subsequentemente, vai interagir com o sistema. As entradas e saídas do sistema são gerenciadas por um dispositivo de processamento, que recebe informações e respostas de diversas fontes para atualizar as informações de saída.

Nas aplicações marítimas, as tecnologias de *AR* podem abranger diversas áreas (Figura 3b), incluindo: simuladores de manobras e navegação; atividades de construção e reparo naval; aplicações eletrônicas de ajuda à navegação; sistemas de posicionamento dinâmico; atividades de manutenção; e aplicações de *AR* submarinas (VASILJEVIĆ; BOROVIĆ; VUKIĆ, 2011).

Figura 3. Realidade Aumentada (AR) em aplicações marítimas. (a) Entradas e saídas de um sistema de AR. (b) Tópicos de AR em aplicações marítimas.

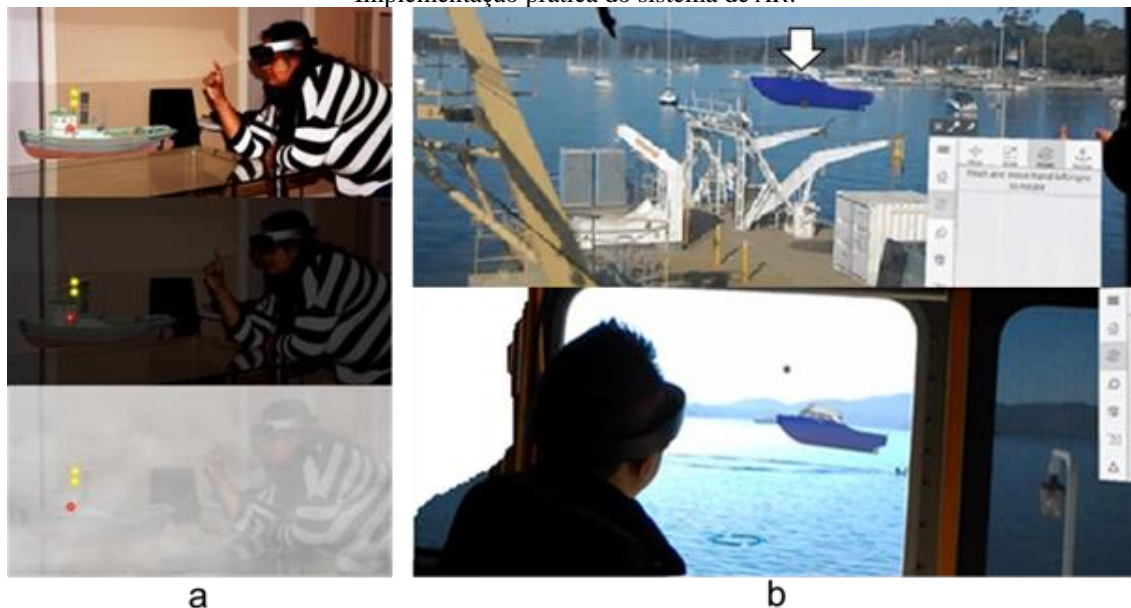


Fonte: Traduzido de Vasiljević et al. (2011). Figura (a) utilizada sob a licença *Creative Commons CC BY 3.0* (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).

Além dos exemplos mostrados na Figura 3, aplicações recentes de AR na indústria naval visam melhorar os procedimentos de navegação. Por exemplo, Bandara et al. (2020) desenvolveram um sistema de AR para auxiliar na navegação em situações com pouca visibilidade. A Figura 4a mostra algumas imagens que representam o conceito sendo testado em condições controladas, com diferentes visibilidades enquanto a Figura 4b mostra algumas imagens do sistema sendo testado em aplicações reais.

Embora as tecnologias de AR ajudem no desenvolvimento de operações navais, ainda é necessário avaliar os possíveis impactos econômicos e socioambientais relacionados. Vasiljević et al. (2011) sugere que os desafios e limitações destas tecnologias estão relacionados com aspectos tecnológicos, sociais e de privacidade.

Figura 4. Exemplo de aplicação de Realidade Aumentada para ajudar na navegação com pouca visibilidade. (a) Demonstração do conceito considerando diferentes condições de visibilidade. (b) Implementação prática do sistema de AR.



Fonte: Bandara et al. (2020). Imagens utilizadas sob a licença *Creative Commons* CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

2.3 ANÁLISE DE MACRODADOS

A Análise de Macrodados (*BDA – Big Data Analytics*) é considerada como o procedimento de análise de grandes e variadas quantidades de dados, cujos resultados podem ajudar na descoberta de correlações e padrões ocultos antes desconhecidos, permitindo assim a tomada de decisões.

Kostakis e Kargas (2021) apresentam os conceitos básicos desta tecnologia, discutindo a evolução da sua definição. Segundo eles, desde o começo do século 21, o termo *big data* ganhou muita atenção entre os pesquisadores, que tentaram estabelecer uma definição que fosse aceita. Uma das definições mais comuns considera três termos (conhecidos como os 3 *V's*) que envolvem o desafio da big data: volume (grandes quantidades de dados), velocidade (fluxos de dados rápidos) e variedade (conteúdo heterogêneo). Subsequentemente foram introduzidos um quarto e um quinto termo, considerando, a veracidade incerta e o valor real que os dados podem oferecer ao processo ou atividade a que estão relacionados após seu processamento, respectivamente. Além desses cinco conceitos, é importante mencionar que há definições de outros pesquisadores, descrevendo a *BDA* como ativos de informação que, após o processamento, desempenham um papel crucial na tomada de decisões em algum processo.

A *BDA* é uma tecnologia que também está sendo considerada em aplicações navais, como mostrado na revisão de estudos proposta por Mirović et al. (2018), que define as principais aplicações e limitações dessa tecnologia. Segundo eles, em aplicações navais, existe uma quantidade significativa de dados sendo gerados e transferidos entre embarcações e bases de controle. Tais informações podem ser geradas, por exemplo, a partir de radares, visores eletrônicos de cartas náuticas e sistemas de informação (*ECDIS*), sistemas de piloto automático e outros sensores relacionados. Além disso, pode existir a necessidade de instrumentação adicional em embarcações para fins especiais, como por exemplo: radares de ondas, detectores de derramamento e espalhamento de óleo, sensores de navegação inercial de alta precisão, entre outros. Existem ainda outros sistemas que ajudam na avaliação do desempenho e navegação do navio, incluindo dados, como o número de identificação exclusivo da embarcação, posição, curso, velocidade e destino, transferidos, por exemplo, pelo Sistema de Identificação Automática (*AIS*).

Algumas das aplicações do *BDA* na indústria marítima são apresentadas na Figura 5a. Elas estão relacionadas principalmente com a melhoria da eficiência energética durante as operações com embarcações; aumento da segurança considerando a prevenção de acidentes; e otimização dos processos logísticos, incluindo otimização das rotas de navegação (MIROVIĆ; MILIČEVIĆ; OBRADOVIĆ, 2018).

Perera et al. (2016) propuseram um fluxograma de processo *BDA* em uma aplicação naval, onde os dados são coletados a partir de vários sensores de bordo e sistemas de aquisição de dados. Posteriormente, eles são pré-processados e transmitidos para centros de gerenciamento de dados em terra, onde são armazenados e analisados. Como resultado das análises, têm-se informações que apoiam a tomada de decisões, como por exemplo, para melhorar a eficiência energética e a confiabilidade dos sistemas. Algumas das aplicações do *BDA* incluem a predição e otimização da rota das embarcações, como pode ser visto em Mirović et al. (2018), Perera et al. (2016), e Alessandrini et al. (2016).

Figura 5. Algumas aplicações comuns do BDA na indústria marítima.



Fonte: Mirović et al. (2018).

2.4 COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Uma das definições mais comuns para a tecnologia de Computação em Nuvem (*CC – Cloud Computing*) é a proposta pelo *NIST (National Institute of Standards and Technology – Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos Estados Unidos)*, a qual é descrita da seguinte maneira (MELL; GRANCE, 2011): “A computação em nuvem é um modelo para permitir acesso de rede onipresente, conveniente e sob demanda a um conjunto compartilhado de recursos de computação configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e liberados com esforço mínimo de gerenciamento ou interação do provedor de serviços. Esse modelo de nuvem é composto por cinco características essenciais, e três modelos de serviço.”

As características essenciais da tecnologia *CC* são: autoatendimento sob demanda, amplo acesso à rede, agrupamento de recursos, elasticidade rápida, e medição de serviço. Por outro lado, os modelos de serviço são: software como um serviço (*SaaS, Software as a Service*), plataforma como um serviço (*PaaS, Platform as a Service*), e infraestrutura como um serviço (*IaaS, Infrastructure as a Service*). Mais informações podem ser consultadas em Mell e Grance (2011).

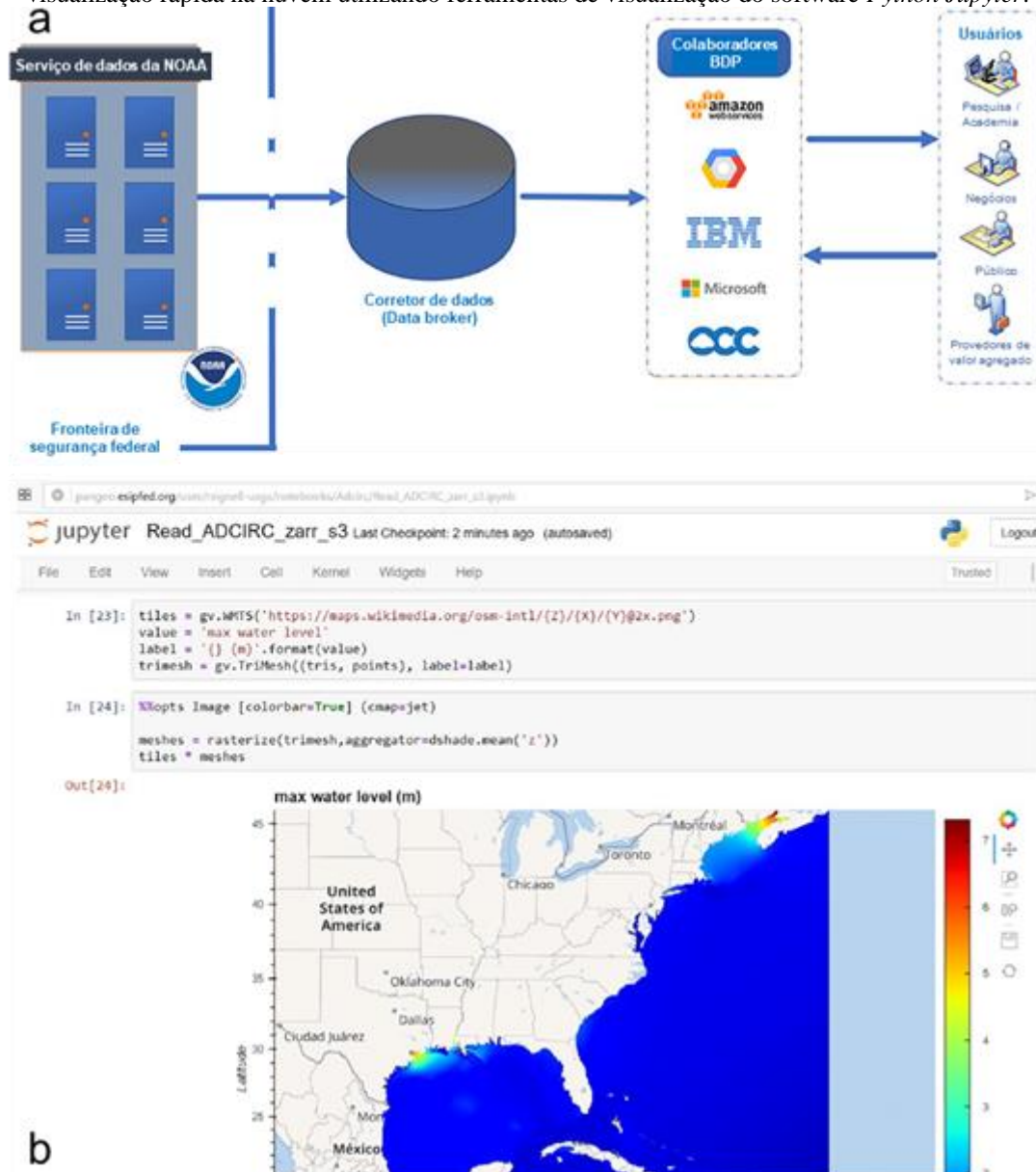
Nas aplicações navais, a *CC* pode proporcionar a uma organização acesso a um conjunto compartilhado de recursos de computação sob demanda, o que pode gerar benefícios como o aumento da eficiência de recursos e redução de custos. De fato, existe a iniciativa de criar a “Nuvem Marítima” (*Maritime Cloud*), como introduzido por Eriksen (2017). No entanto, esse tipo de sistema pode estar sujeito a vulnerabilidades, tais como os “ataques cibernéticos”. Eriksen (2017) apresentou um estudo detalhado no qual podem ser encontrados os possíveis riscos na implementação desta tecnologia no setor naval. As vulnerabilidades foram classificadas como: gerais (*general*), relacionadas com

atividades marítimas (*maritime related*), relacionadas com a nuvem (*cloud related*) e causas não técnicas (*non-technical*).

Com relação aos casos de exemplo da CC em aspectos marítimos, Vance et al. (VANCE et al., 2019) apresentaram os desafios e oportunidades na implementação de análises oceânicas e atmosféricas com a nuvem. A pesquisa explicou as estratégias que está seguindo a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA, *National Oceanic and Atmospheric Administration*) para facilitar a disponibilidade de mais dados que sejam de utilidade para diversos usuários. Para isso, eles têm planejado implementar o Projeto *Macrodata NOAA (BDP, Big Data Project)*, que consiste em utilizar um corretor de dados (*data broker*) e utilizar diversos colaboradores em nuvem, facilitando assim a interação e contribuição dos usuários (Figura 6a).

Dentre os benefícios que a tecnologia CC pode trazer, pode-se mencionar a facilidade de uso e visualização de uma grande quantidade de dados em nuvem. A Figura 6b mostra um exemplo de visualização em nuvem de uma simulação do furacão *Ike* em uma malha de nove milhões de nós, exibida usando aplicativos da *Datashader* e *Phyton Jupyter*. A combinação de aplicações em nuvem permitiu a visualização dessa quantidade de informação; vale a pena mencionar que a exibição de dados em grandes grades ou malhas é um desafio apenas com um navegador convencional.

Figura 6. (a) Diagrama da arquitetura pensada pela NOAA para acrescentar a disponibilidade de dados em nuvem no projeto NOAA BDP (*Big Data Project – Projeto de Macrodados da NOAA*). (b) Exemplo de visualização rápida na nuvem utilizando ferramentas de visualização do software *Python Jupyter*.



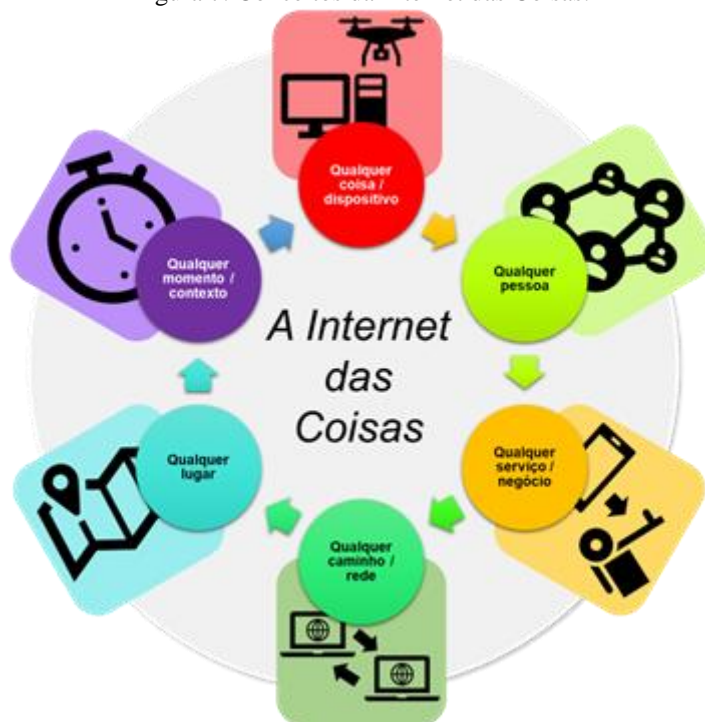
Fonte: Vance et al. (VANCE et al., 2019). Imagens utilizadas sob a licença *Creative Commons CC BY 4.0* (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

2.5 IOT – INTERNET OF THINGS (INTERNET DAS COISAS)

A Internet das Coisas (*IoT – Internet of Things*) pode ser definida como o conjunto de coisas/objetos em nosso ambiente sendo conectados de forma a fornecer comunicação homogênea e serviços contextuais. A *IoT* envolve muitas conexões de coisas para coisas e coisas para humanos e, portanto, é mais complexa do que a Internet. A *IoT* é um novo desenvolvimento da Internet que está entrando em diversas áreas da vida humana, incluindo educação, indústria, negócios, saúde, entretenimento, entre outros (TZAFESTAS, 2018).

Segundo Tzafestas (2018), um dos objetivos da *IoT* é permitir que as ‘coisas’ sejam conectadas a qualquer hora (contexto), em qualquer lugar, com qualquer coisa (dispositivo) e qualquer pessoa, usando qualquer caminho (rede) e qualquer serviço ou negócio (Figura 7). Na *IoT* existem três tipos de interação principais: de pessoas para pessoas, de pessoas para coisas (objetos, máquinas), e de coisas/máquinas para coisas/máquinas.

Figura 7. Conceitos da Internet das Coisas.



Fonte: Elaboração própria inspirada em Tzafestas (2018).

O uso da *IoT* tem uma abrangência significativa em aplicações da sociedade em geral. Com relação às aplicações marítimas (*Maritime IoT*), a internet das coisas está presente em diversas atividades, incluindo o desenvolvimento de embarcações e sistemas flutuantes, navegação e monitoramento ambiental.

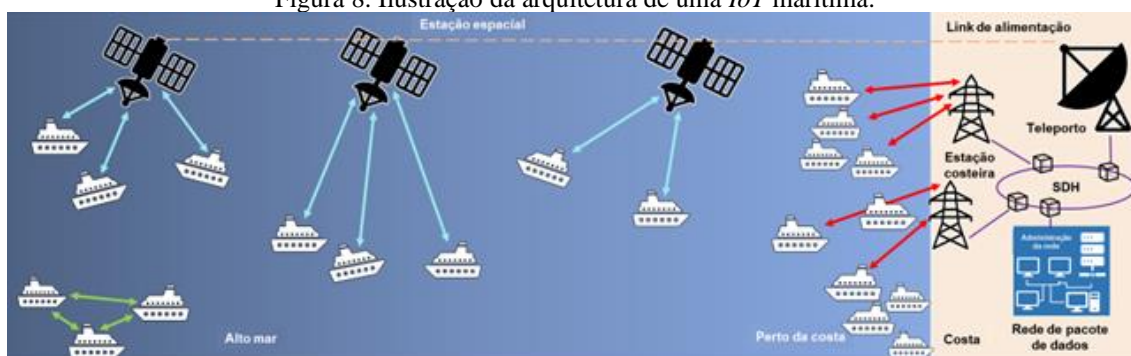
Um conceito que inclui a *IoT* para modernizar a indústria marítima foi introduzido pela Organização Marítima Internacional (*IMO, International Maritime Organization*) das Nações Unidas sob o nome de “*e-Navigation*”. Este conceito poderá ser estendido para criar uma estrutura de *IoT* marítima completa, sob a qual todas as embarcações e equipamentos marítimos, ou seja, as “coisas” marítimas estejam interconectadas através de um sistema unificado de comunicação do tipo máquina (*MTC, Machine-Type Communication*), para serviços marítimos ininterruptos em todo o mundo. Desta maneira,

assim como para qualquer outro aplicativo de *IoT*, a tecnologia *MTC* será a chave para a *IoT* marítima.

Para habilitar a *IoT* marítima, é necessário estabelecer a comunicação entre as embarcações e as estações costeiras, bem como entre as embarcações, para dar suporte a vários tipos de serviços marítimos (WANG; ZHANG; YOU, 2020). Detalhes relacionados com os serviços marítimos de *MTC* e *IoT* podem ser encontrados no trabalho de Wang et al. (2020).

A Figura 8 mostra a arquitetura de rede *IoT* marítima baseada na topologia de rede descrita em Xia et al. (2019). Nessa figura, o termo *SDH* denota a rede de telecomunicações baseada em protocolo de hierarquia digital síncrona (*Synchronous Digital Hierarchy*); e o teleporto é uma estação terrestre de satélite que funciona como um *hub* que conecta uma estação espacial de satélite com uma rede de telecomunicações terrestre.

Figura 8. Ilustração da arquitetura de uma *IoT* marítima.



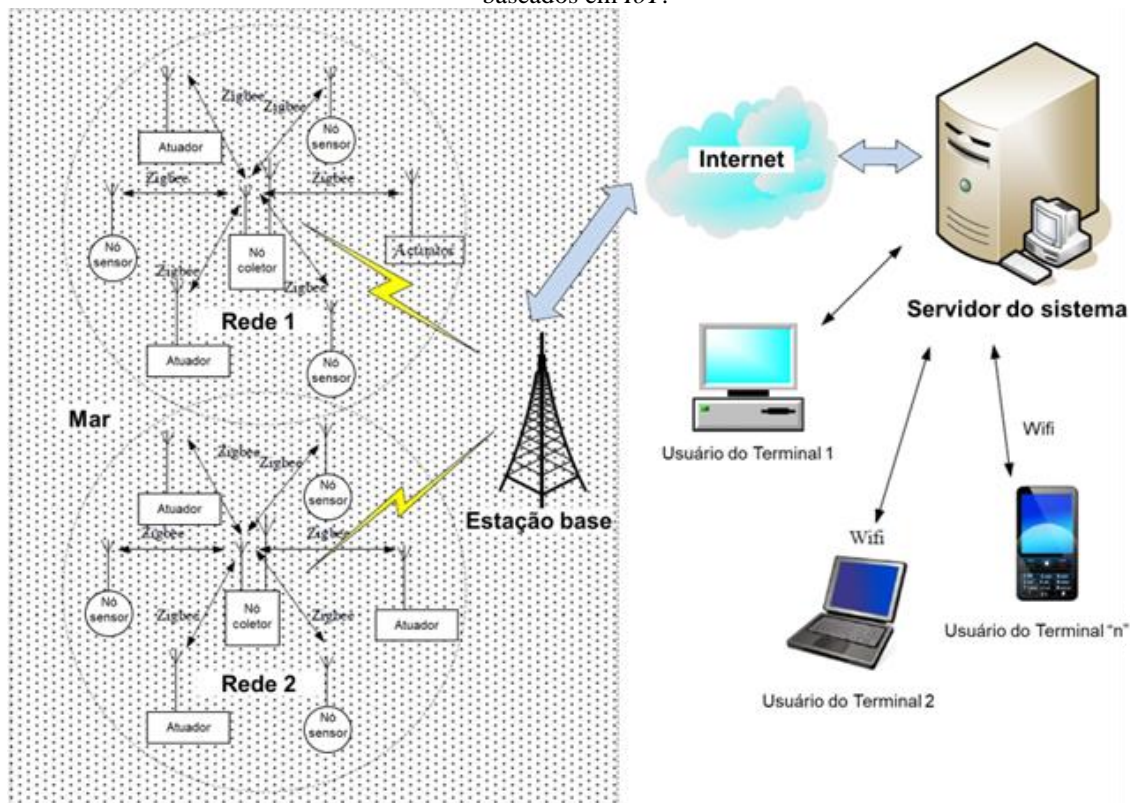
Fonte: Adaptado de Xia et al. (2019).

Uma das aplicações mais importantes da *IoT* está relacionada com atividades de monitoramento do meio ambiente marítimo. Essas atividades são necessárias para a realização segura de atividades de transporte em diversas regiões marítimas, prevenção de acidentes, exploração de recursos naturais, entre outras, onde é necessário conhecer diversos parâmetros oceânicos. Existe a necessidade de monitorar, medir, comunicar e analisar diferentes variáveis oceânicas de maneira remota utilizando, por exemplo, boias de monitoramento oceânico.

Xu et al. (2019) apresentaram uma revisão de vários tópicos relacionados com monitoramento do ambiente marítimo, incluindo os desafios mais comuns na medição e transmissão dos dados. Alguns problemas críticos no desenvolvimento de um sistema de monitoramento marítimo baseado em *IoT* incluem desafios relacionados com

adaptabilidade, autonomia, escalabilidade, simplicidade, autorrecuperação, além da capacidade para suportar condições ambientais adversas. Uma configuração típica de um sistema de *IoT* para monitoramento marinho é mostrado na Figura 9.

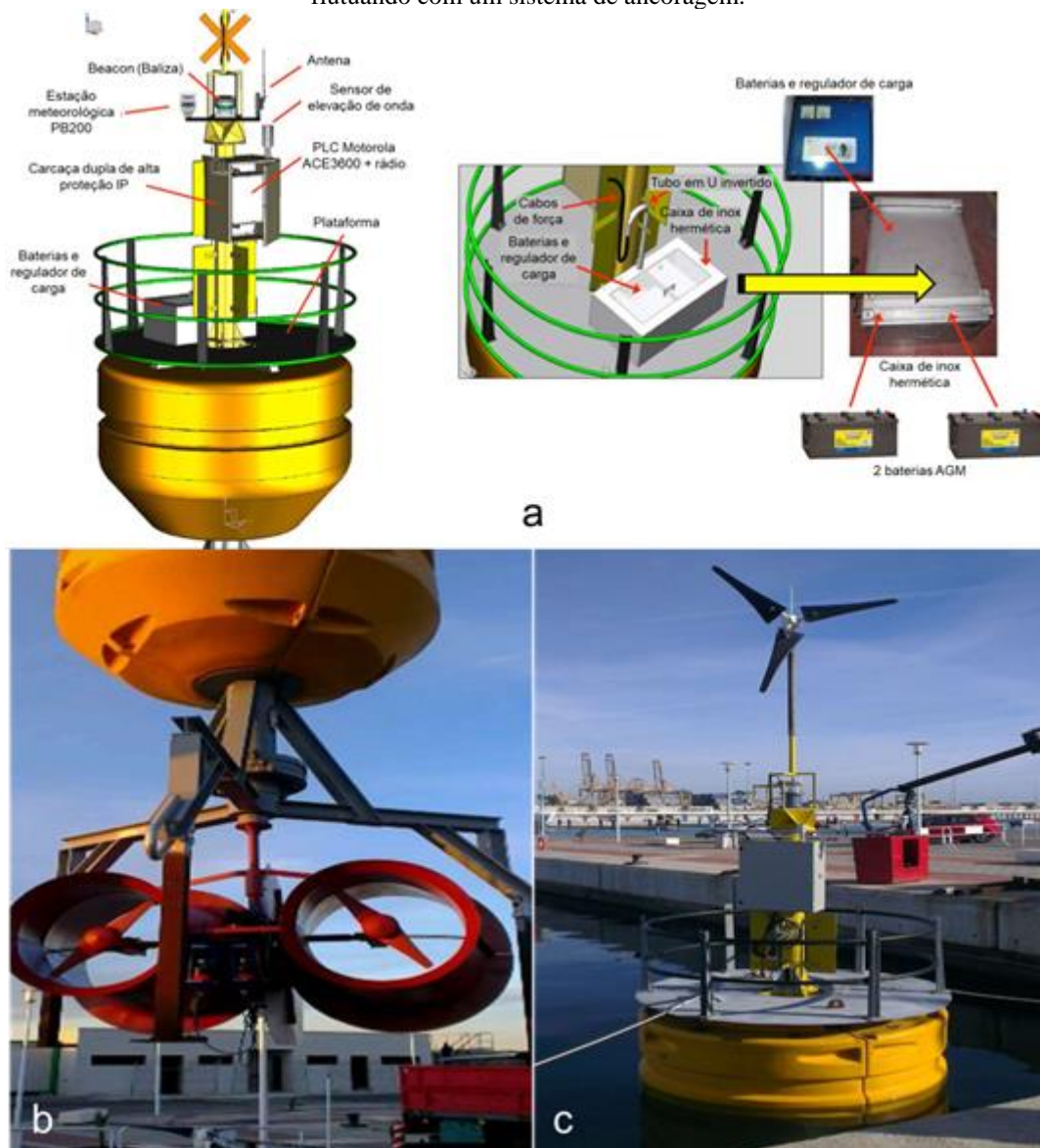
Figura 9. Arquitetura física comum de sistemas de proteção e monitoramento de ambiente marinho baseados em *IoT*.



Fonte: Traduzido de Xu et al. (2019). Imagem utilizada sob a licença *Creative Commons* CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Com relação às aplicações da *IoT* na área marítima, cabe mencionar que nos últimos anos tem sido desenvolvido o conceito de “Internet das boias” (*Internet of Buoy*), como introduzido por Sandra et al. (2020). A Internet das boias consiste no desenvolvimento de sistemas de monitoramento para diversas aplicações oceânicas, seja na superfície do mar ou submarinas, utilizando as tecnologias de *IoT*. Por exemplo, a Figura 10 mostra o projeto de um sistema de boia com sensores para monitoramento de recursos de energia renovável do oceano. As Figuras 10a, 10b e 10c mostram a configuração da estrutura flutuante, o procedimento de lançamento e um exemplo da boia ancorada, respectivamente. Detalhes do procedimento de desenho, construção, instrumentação e implementação podem ser consultados em García et al. (2018).

Figura 10. Sistema de boia com sensores para monitoramento de energia renovável do oceano. (a) Configuração dos dispositivos instalados na estrutura flutuante. (b) Vista da parte inferior. (c) Estrutura flutuando com um sistema de ancoragem.



Fonte: García et al. (2018). Imagens utilizadas sob a licença *Creative Commons CC BY 4.0* (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Aplicações recentes até o presente ano (2022) incluem o uso de sistemas de baixo custo, desenvolvidos com *software* livre e *hardware* de baixo custo como o *Arduino*. Um exemplo é o desenvolvimento de um sistema de boia de baixo custo para monitorar a qualidade da água em gaiolas de aquicultura offshore, como mostrado na Figura 11. Na figura, é possível visualizar o dispositivo utilizando painéis solares para aumentar a sua autonomia, assim como a configuração dos sensores utilizando *hardware* de baixo custo. Detalhes do desenvolvimento desse dispositivo podem ser encontrados em Lu et al. (2022).

Figura 11. Boia instrumentada com sensores de baixo custo para monitorar atividades de aquicultura.



Fonte; Lu et al. (2022). Imagens utilizadas sob a licença *Creative Commons CC BY 4.0* (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou uma breve introdução de algumas das tecnologias 4.0 mais comuns na indústria naval, que podem ser consideradas para prevenir acidentes com embarcações em diversas regiões em desenvolvimento, incluindo a região amazônica: sistemas ciberfísicos, realidade aumentada, análise de macrodados, computação em nuvem e internet das coisas. Também, foram mostrados alguns exemplos recentes de aplicação. As tecnologias da Indústria 4.0 são tecnologias modernas que podem contribuir com o desenvolvimento da indústria naval brasileira em diversas áreas, incluindo os projetos de embarcações, a construção naval e o transporte marítimo, visando a melhoria das operações e sobretudo a prevenção de acidentes com embarcações. A implementação destas tecnologias poderá facilitar a autonomia, flexibilidade e segurança das operações. Além disso, também poderão úteis na redução de erros humanos por meio de orientação utilizando tecnologias autônomas e de acesso, possivelmente em tempo real, a informações detalhadas com as quais seja possível implementar ações de redução de riscos.

Embora as tecnologias 4.0 sejam tecnologias com grande potencial de inovação, ainda há alguns fatores relevantes que devem ser considerados em possíveis implementações, incluindo como comparar tecnologias concorrentes em termos de custo-benefício, manutenibilidade, compatibilidade, integração com sistemas existentes e

gerenciamento de segurança da informação. Os principais desafios de implementação destas tecnologias podem ser consultados em Siviero (2021). Além dos desafios típicos que enfrenta o uso da indústria 4.0 em diversas áreas da engenharia, existem fatores próprios de regiões em desenvolvimento que precisam ser considerados em possíveis projetos com o uso destas tecnologias. Por exemplo, na região amazônica, que é uma região preservada ecologicamente, alguns desafios podem estar relacionados com: condições ambientais adversas, falta de sinalização e legislação em regiões remotas, combate às atividades ilegais, e minimização dos impactos negativos ao meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa deste trabalho foi apoiada pelo Governo do Estado do Amazonas com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM por meio do projeto de pesquisa intitulado “Acidentes com embarcações na região amazônica: identificação de causas e alternativas de prevenção”, chamada N°010/2021 – CT&I Áreas Prioritárias. P.R.R.A. agradece o suporte proporcionado pelo programa CT&I Áreas Prioritárias / FAPEAM.

REFERÊNCIAS

ALESSANDRINI, A. et al. Mining vessel tracking data for maritime domain applications. 2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW). Anais...IEEE, 2016.

AMMAR, M. et al. Improving material quality management and manufacturing organizations system through Industry 4.0 technologies. *Materials Today: Proceedings*, v. 45, p. 5089–5096, 2021.

BANDARA, D. et al. Augmented reality lights for compromised visibility navigation. *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 8, n. 12, p. 1014, 2020.

DE LA PEÑA ZARZUELO, I.; SOEANE, M. J. F.; BERMÚDEZ, B. L. Industry 4.0 in the port and maritime industry: A literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, v. 20, p. 100173, 2020.

DELERA, M. et al. Does value chain participation facilitate the adoption of Industry 4.0 technologies in developing countries? *World Development*, v. 152, p. 105788, 2022.

DELOITTE. Smart Ports: point of view. By Deloitte Port Services. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/energy-resources/deloitte-nl-er-port-services-smart-ports.pdf>>. Acesso em: 9 jun. 2022.

ERIKSEN, A. A. The Risks of Marine Cloud Computing. Master's Thesis—Trondheim: Norwegian University of Science and Technology (NTNU), 2017.

FELSKI, A.; ZWOLAK, K. The ocean-going autonomous ship—Challenges and threats. *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 8, n. 1, p. 41, 2020.

GARCÍA, E. et al. Sensor buoy system for monitoring renewable marine energy resources. *Sensors*, v. 18, n. 4, p. 945, 2018.

HALEEM, A. et al. Medical 4.0 technologies for healthcare: Features, capabilities, and applications. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 2022.

HÖYHTYÄ, M. et al. Connectivity for autonomous ships: Architecture, use cases, and research challenges. 2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC). Anais...IEEE, 2017.

JAVAID, M. et al. Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, v. 14, n. 4, p. 419–422, 2020.

KOSTAKIS, P.; KARGAS, A. Big-Data Management: A Driver for Digital Transformation? *Information*, v. 12, n. 10, p. 411, 2021.

LU, H.-Y. et al. A Low-Cost AI Buoy System for Monitoring Water Quality at Offshore Aquaculture Cages. *Sensors*, v. 22, n. 11, p. 4078, 2022.

MARTYNENKO, L. et al. Increasing the efficiency of investigation methods for rail transport accidents. *Transportation research procedia*, v. 63, p. 465–471, 2022.

MELL, P.; GRANCE, T. The NIST definition of cloud computing: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology (Technical Report). [s.l.] Computer Security Division, Information Technology Laboratory, National ..., 2011. Disponível em: <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>>.

MIROVIĆ, M.; MILIČEVIĆ, M.; OBRADOVIĆ, I. Big data in the maritime industry. NAŠE MORE: znanstveni časopis za more i pomorstvo, v. 65, n. 1, p. 56–62, 2018.

MOLINARO, M.; ORZES, G. From forest to finished products: The contribution of Industry 4.0 technologies to the wood sector. Computers in Industry, v. 138, p. 103637, 2022.

MOOSAVI, J.; BAKHSHI, J.; MARTEK, I. The application of industry 4.0 technologies in pandemic management: Literature review and case study. Healthcare Analytics, v. 1, p. 100008, 2021.

NARA, E. O. B. et al. Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. Sustainable Production and Consumption, v. 25, p. 102–122, 2021.

NG, T. C. et al. The Application of Industry 4.0 Technological Constituents for Sustainable Manufacturing: A Content-Centric Review. Sustainability, v. 14, n. 7, p. 4327, 2022.

PANDA, J. P.; MITRA, A.; WARRIOR, H. V. A review on the hydrodynamic characteristics of autonomous underwater vehicles. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, v. 235, n. 1, p. 15–29, 2021.

PARANITHARAN, K. et al. Application of industry 4.0 technology in containing Covid-19 spread and its challenges. Materials Today: Proceedings, 2022.

PERERA, L. P. et al. Machine intelligence for energy efficient ships: A big data solution. Maritime Engineering and Technology III, Guedes Soares & Santos (Eds.), v. 1, p. 143–150, 2016.

PETROVIĆ, \DJOR\DJE; MIJAILOVIĆ, R.; PEŠIĆ, D. Traffic accidents with autonomous vehicles: type of collisions, manoeuvres and errors of conventional vehicles' drivers. Transportation research procedia, v. 45, p. 161–168, 2020.

SAHOO, A.; DWIVEDY, S. K.; ROBI, P. Advancements in the field of autonomous underwater vehicle. Ocean Engineering, v. 181, p. 145–160, 2019.

SANDRA, M.; GUNNARSSON, S.; JOHANSSON, A. J. Internet of buoys: An internet of things implementation at sea. 2020 54th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers. Anais...IEEE, 2020.

SEPEHRI, A. et al. The impact of shipping 4.0 on controlling shipping accidents: A systematic literature review. Ocean Engineering, p. 110162, 2021.

SIVIERO, B. L. Indústria 4.0 na Logística: uma análise da implementação das tecnologias digitais nas empresas de Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso—[s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

SULLIVAN, B. P. et al. Maritime 4.0—opportunities in digitalization and advanced manufacturing for vessel development. *Procedia manufacturing*, v. 42, p. 246–253, 2020.

TZAFESTAS, S. G. Ethics and law in the internet of things world. *Smart cities*, v. 1, n. 1, p. 98–120, 2018.

VANCE, T. C. et al. From the oceans to the cloud: Opportunities and challenges for data, models, computation and workflows. *Frontiers in Marine Science*, v. 6, p. 211, 2019.

VASILJEVIĆ, A.; BOROVIĆ, B.; VUKIĆ, Z. Augmented reality in marine applications. *Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike*, v. 62, n. 2, p. 136–142, 2011.

WANG, M. M.; ZHANG, J.; YOU, X. Machine-type communication for maritime internet of things: A design. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 22, n. 4, p. 2550–2585, 2020.

XIA, T.; WANG, M. M.; YOU, X. Satellite machine-type communication for maritime Internet of Things: An interference perspective. *IEEE Access*, v. 7, p. 76404–76415, 2019.

XU, G. et al. Internet of things in marine environment monitoring: A review. *Sensors*, v. 19, n. 7, p. 1711, 2019.

YADAV, V. S. et al. Exploring the application of Industry 4.0 technologies in the agricultural food supply chain: a systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, p. 108304, 2022.

ZAVODJANČÍK, T.; KASANICKÝ, G.; DEMČÁKOVÁ, L. Reduction of Pedestrian Accidents—Automated Road Vehicles. *Transportation research procedia*, v. 55, p. 1605–1612, 2021.

ZORZENON, R.; LIZARELLI, F. L.; DANIEL, B. DE A. What is the potential impact of industry 4.0 on health and safety at work? *Safety Science*, v. 153, p. 105802, 2022.