

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC LEANDRO AMARAL DE SOUSA

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CICLO OODA:
Como ferramenta de auxílio a tomada de decisão do Comandante
de Submarino Nuclear.**

Rio de Janeiro

2024

CC LEANDRO AMARAL DE SOUSA

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CICLO OODA:
Como ferramenta de auxílio a tomada de decisão do Comandante
de Submarino Nuclear.

Trabalho da disciplina Metodologia Científica, apresentado à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CMG (RM-1) FONTOURA

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2024

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus filhos, que, apesar de ainda serem pequenos, já me ensinaram tantas lições valiosas. Cada sorriso de vocês, cada olhar curioso, me lembra diariamente a importância da dedicação e do foco na vida para se alcançar a vitória. Vocês me mostraram que o sucesso não vem fácil; ele é fruto de muito esforço e comprometimento, mesmo quando isso significa abdicar de momentos preciosos que poderíamos passar juntos. Que este trabalho sirva como um farol, guiando e inspirando vocês no futuro, mostrando que, com perseverança e determinação, todos os sonhos são possíveis.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e luz que guiaram cada passo desta jornada. À minha esposa, principalmente, pelo amor inabalável, apoio incondicional e maneira atenciosa com a qual acompanhou a realização deste trabalho. Sua vasta experiência e conhecimento foram verdadeiramente inspiradores, assim como suas críticas construtivas, discussões e reflexões foram fundamentais ao longo de todo esse ano. Aos meus filhos, pela paciência e pelo amor que me motivaram a continuar. Aos meus pais, que sempre foram os pilares da minha vida, acreditando em mim e me apoiando incondicionalmente. Estendo também minha gratidão aos meus sogros por não medirem esforços para ajudar toda a família e, assim, me apoiarem sempre. Aos meus amigos, pelas palavras de encorajamento e risadas compartilhadas, que tornaram esta caminhada mais leve. Ao meu orientador, pelo conhecimento, dedicação e incentivo constantes, que me inspiraram a buscar sempre o melhor. Por fim, agradeço à Escola de Guerra Naval, seus oficiais e praças, por me proporcionarem todo o apoio necessário para meu crescimento profissional e intelectual.

RESUMO

O Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear (SCAPN) será o meio naval mais avançado e complexo empregado pela Marinha do Brasil (MB) e contribuirá sobremaneira para a defesa e soberania nacional. Nesse contexto, a efetividade das missões táticas dependerá da habilidade dos comandantes em tomar decisões rápidas e precisas em ambientes complexos e dinâmicos. Esta pesquisa tem como objetivo analisar a integração da Inteligência Artificial (IA) no ciclo OODA (Observar-Orientar-Decidir-Agir) do Comandante do SCAPN como ferramenta para aprimorar a tomada de decisão em um cenário tático. Para tal, foi utilizada a metodologia de pesquisa exploratória, apresentando os principais conceitos relativos à IA, ao ciclo OODA e, para um contexto definido, foram validadas todas as etapas do ciclo OODA. Assim, esta pesquisa identificou que o ciclo OODA pode ser utilizado para estruturar o processo de tomada de decisão em uma operação tática e, em virtude da complexidade da operação, a IA torna-se uma ferramenta valiosa para a otimização desse processo. Constatou-se, portanto, que a integração da IA no ciclo OODA é uma ferramenta que aprimora a decisão do Comandante do SCAPN e, de forma mais relevante, apesar de toda a capacidade oferecida pela IA, a figura do comandante não poderá ser substituída, sendo imprescindível para garantir os preceitos éticos e a segurança na defesa nacional.

Palavras-chave: Ciclo OODA. Comandante de Submarino. Inteligência Artificial. Marinha do Brasil. Processo de tomada de decisão. Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear.

ABSTRACT

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE OODA CYCLE: As a Decision-Making Aid for the Nuclear Submarine Commander.

The Conventionally Armed Submarine with Nuclear Propulsion (SCAPN) will be the most advanced and complex naval asset employed by the Brazilian Navy (MB) and will significantly contribute to national defense and sovereignty. In this context, the effectiveness of tactical missions will depend on the commanders' ability to make quick and accurate decisions in complex and dynamic environments. This research aims to analyze the integration of Artificial Intelligence (AI) into the OODA loop (Observe-Orient-Decide-Act) of the SCAPN Commander as a tool to enhance decision-making in a tactical scenario. To achieve this, exploratory research methodology was used, presenting the main concepts related to AI, the OODA loop, and validating all stages of the OODA loop within a defined context. Thus, this research identified that the OODA loop can be used to structure the decision-making process in a tactical operation and, due to the complexity of the operation, AI becomes a valuable tool for optimizing this process. It was therefore found that integrating AI into the OODA loop enhances the decision-making of the SCAPN Commander and, more importantly, despite all the capabilities offered by AI, the figure of the commander cannot be replaced, being essential to ensure ethical principles and security in national defense.

Keywords: OODA Loop. Submarine Commander. Artificial Intelligence. Brazilian Navy. Decision-Making Process. Conventionally Armed Submarine with Nuclear Propulsion.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGI	–	<i>Artificial General Intelligence</i>
ALL	–	Análise de Link Léxico
ANI	–	<i>Artificial Narrow Intelligence</i>
ASI	–	<i>Artificial Super Intelligence</i>
BD	–	<i>Big Data</i>
DL	–	<i>Deep Learning</i>
END	–	Estratégia Nacional de Defesa
EUA	–	Estados Unidos da América
IA	–	Inteligência Artificial
IR	–	Infravermelho
MB	–	Marinha do Brasil
ML	–	<i>Machine Learning</i>
MSE	–	Medidas de Suporte Eletrônico
OODA	–	Observar, Orientar, Decidir e Agir
PND	–	Política Nacional de Defesa
PROSUB	–	Subprograma de Desenvolvimento de Submarinos
ROE	–	Regras de Engajamento
SCAPN	–	Submarino Convencionalmente Armado com Propulsão Nuclear
VUCA	–	<i>Volatile, Uncertain, Complex, and Ambiguous</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	12
2.1	A TOMADA DE DECISÃO	12
2.2	O CICLO OODA.....	14
2.3	A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	17
2.3.1	Subáreas da IA: Base de dados e Sistemas de Aprendizado.....	18
2.3.2	Níveis de progresso da IA.....	21
2.3.3	Interação da IA com o homem no processo de tomada de decisão e desafios associados.....	22
2.4	CONCLUSÕES PARCIAIS.....	24
3	O SUBMARINO DE PROPULSÃO NUCLEAR.....	26
3.1	O EMPREGO TÁTICO DO SCAPN.....	26
3.2	SENSORES E SISTEMA DE COMBATE DO SUBMARINO.....	28
3.3	DESAFIOS COGNITIVOS ENFRENTADOS PELO COMANDANTE DO SCAPN	31
3.4	CONCLUSÕES PARCIAIS.....	33
4	ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DA IA NO CICLO OODA DO COMANDANTE DO SCAPN.....	35
4.1	A ETAPA OBSERVAR.....	35
4.2	A ETAPA ORIENTAR.....	36
4.3	AS ETAPAS DECIDIR E AGIR.....	38
4.4	INTERAÇÃO DA IA COM O COMANDANTE DO SCAPN NO CICLO OODA.....	39
4.5	CONCLUSÕES PARCIAIS.....	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO

O mar sempre foi um elemento relevante para a civilização humana e, segundo Coutau-Bégarie (2010), sua importância decorre da influência que ele pode ter sobre a vida terrestre, como fonte de riqueza, via de comunicação e meio de projeção de poder. No caso do Brasil, essa importância é amplificada por sua extensa área marítima, conhecida como Amazônia Azul¹. Correspondendo a 67% do território terrestre do país, essa região marítima é vital para o transporte do comércio exterior e possui uma rica diversidade de recursos naturais, incluindo pesca, petróleo, gás e outros minerais. Porém, apesar do Estado brasileiro não possuir uma cultura marítima tradicionalmente forte, o mar continua sendo um caminho natural e relevante para o desenvolvimento e para a Defesa Nacional (Brasil, 2020).

Para efeito da Política Nacional de Defesa (PND) do Brasil, a “Defesa Nacional é o conjunto de medidas e ações do Estado, com ênfase no campo militar, para a defesa do território, da soberania e dos interesses nacionais contra ameaças preponderantemente externas, potenciais ou manifestas” (Brasil, 2020, p. 11). Em decorrência dos complexos desafios do ambiente internacional, onde disputas por áreas marítimas poderão ser intensificadas, para que o desenvolvimento e a autonomia da nação sejam alcançados é essencial o domínio de tecnologias sensíveis, principalmente nos setores espacial, cibernético e nuclear (Brasil, 2020). A PND estabelece, ainda, um entorno estratégico brasileiro que extrapola a região terrestre da América do Sul, incluindo também o Atlântico Sul, os países limítrofes da África, a Antártica e o mar do Caribe (Brasil, 2020).

Em consonância com a PND, a Estratégia Nacional de Defesa (END) brasileira destaca a capacidade de dissuasão² como fator importante para a segurança, na medida em que tem como propósito desestimular possíveis agressões (Brasil, 2020), e mais:

Para assegurar a tarefa de negação do uso do mar, o Brasil contará com Força Naval submarina de envergadura, composta de submarinos convencionais de propulsão diesel-elétrica e de propulsão nuclear. A Marinha diligenciará para que o Brasil ganhe autonomia nas tecnologias inerentes à operação de submarinos e de seus sistemas de armas, e que lhes

¹ A Amazônia Azul é um conceito político-estratégico que vem sendo defendido pela Marinha do Brasil com o objetivo de alertar a sociedade e demais instituições nacionais sobre a importância desse espaço marítimo (Brasil, 2019).

² A dissuasão é a atitude estratégica que tem por finalidade desaconselhar ou desviar adversários reais ou potenciais de presumíveis propósitos bélicos (Brasil, 2024).

possibilitem atuar em rede com as outras forças navais, terrestres e aéreas (BRASIL, 2020, p. 51).

Sendo assim, a partir de sua Identidade Estratégica e seus Objetivos Navais, a Marinha do Brasil (MB) implementou o Programa de Construção do Núcleo do Poder Naval³, o qual inclui o Subprograma de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), estabelecendo a construção de quatro submarinos convencionais e um SCAPN (Brasil, 2019).

Os SCAPNs representam uma das mais avançadas e complexas plataformas navais empregadas atualmente em operações militares. A natureza intrinsecamente ofensiva desses meios os torna fatores escaladores nos conflitos, necessitando de um controle cuidadoso para evitar consequências indesejadas (Lobo, 2006). Assim, a eficácia das missões táticas depende, em grande parte, da habilidade dos comandantes em efetuar escolhas rápidas e precisas em ambientes dinâmicos, por meio do processo de tomada de decisão desenvolvido por John Boyd, conhecido como Ciclo Observar, Orientar, Decidir e Agir, ou ciclo OODA.

Entretanto, o avanço tecnológico das ameaças e o aumento da quantidade de informações no cenário tático, frequentemente incompletas e às vezes enganosas, passaram a sobrecarregar os decisores humanos, sendo necessário recorrer à IA para auxiliar o Comandante do SCAPN no processo da decisão, ou seja, otimizar cada uma das etapas do ciclo OODA.

Este estudo tem por objetivo analisar a integração da IA no ciclo OODA do Comandante do SCAPN como ferramenta para aprimorar a tomada de decisão em um cenário tático. Para tal, será utilizado a metodologia de pesquisa exploratória apresentando os principais conceitos relativos à IA, ciclo OODA e, em um contexto definido, validar todas as etapas do ciclo, a fim de responder a seguinte questão: poderá a IA ser utilizada em todas as etapas do ciclo OODA e substituir o Comandante do SCAPN no processo de tomada de decisão?

A pesquisa será apresentada nesta dissertação em cinco seções. A primeira busca justificar a importância do SCAPN no contexto brasileiro, destacando o papel essencial do comandante no processo de tomada de decisão. Também aborda a

³ O Poder Naval é a expressão militar do poder marítimo e se refere a todos os recursos e atividades pertencentes à Marinha, incluindo a administração em terra (Speller, 2008 *apud* Luis, 2015).

evolução tecnológica das ameaças e a necessidade de utilizar a IA como uma ferramenta valiosa para auxiliar o decisor a fazer melhores escolhas.

Na segunda seção, discutiremos os aspectos teóricos mais importantes, incluindo o conceito de tomada de decisão, o ciclo OODA e a evolução da IA, com seus níveis e subáreas. Esse capítulo nos ajudará a entender a dificuldade do processo de escolha em ambientes complexos, a importância de cada etapa do ciclo de Boyd e como essa inteligência poderá interagir com o homem, destacando suas possibilidades e os riscos envolvidos.

Na terceira seção serão exploradas as principais características do SCAPN, abrangendo sensores, sistema de comunicações e sistema de combate, além disso serão descritos os desafios cognitivos enfrentados pelo Comandante do SCAPN. O objetivo é identificar as dificuldades que ainda persistem no processo de decisão do comandante, mesmo com a evolução dos equipamentos do submarino, assim como as oportunidades que a implementação da IA poderá trazer para o sucesso das missões táticas.

Na quarta seção, será analisada a integração da IA em cada etapa do ciclo OODA como auxílio ao processo de tomada de decisão do Comandante do SCAPN. Serão discutidas as possibilidades e limitações das diferentes interações entre o comandante e a máquina, visando identificar qual a melhor abordagem.

Finalmente, na quinta seção, serão apresentadas as considerações finais e serão identificados as oportunidades e os riscos da utilização da IA no ciclo OODA como ferramenta ao processo de tomada de decisão do comandante tático. Encerraremos com uma reflexão sobre as possibilidades de pesquisas futuras sobre essa interação.

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Conforme observado por Hillier e Lieberman (1980), a limitação cognitiva leva os seres humanos a buscar metodologias que facilitem a resolução de problemas complexos, possibilitando a avaliação das decisões a serem tomadas em ambientes de incerteza. Além disso, a evolução tecnológica da IA tornou-a atraente para as forças armadas, desempenhando um papel cada vez mais importante na defesa, superando os humanos em tarefas militares automatizadas e complexas, contribuindo significativamente para o processo de tomada de decisões. Portanto, neste capítulo serão discutidos os conceitos fundamentais a respeito da tomada de decisão, do ciclo OODA e da IA.

2.1 A TOMADA DE DECISÃO

A ação de tomar uma decisão é decorrente de uma situação em que há um problema a ser resolvido por meio de uma solução. Reforçando esse raciocínio, os professores Luiz Gomes e Carlos Gomes (2019, p. 1) descrevem que “uma decisão precisa ser tomada sempre que está diante de um problema que possui mais do que uma opção [...] e concebe-se como a eleição por parte do decisor da melhor alternativa entre as possíveis”. Acrescenta-se que, ao ratificar a decisão, as consequências dessa ação deverão ser enfrentadas, sobretudo em um ambiente em constante mudança, repleto de incertezas e imprecisões, conhecido como VUCA⁴ (Zaidi; Bellak, 2019).

Todo processo de tomada de decisão requer do fator tempo para uma análise abrangente dos parâmetros pertinentes (Pate; Heiman, 1987). Esse importante fator associado ao nível de esforço exigido, foi delineado pelo psicólogo israelense Daniel Kahneman (2012) através de dois sistemas de pensamento que os humanos empregam ao se depararem com uma decisão: Sistema 1 (rápido e automático) e Sistema 2 (lento e deliberativo).

⁴ VUCA é um acrônimo que se originou no exército dos EUA e recentemente entrou no léxico empresarial. Os componentes a que se refere: volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade, são usados para descrever um ambiente que desafia um diagnóstico confiante dos decisores (Bennett; Lemoine, 2014).

O Sistema 1 é caracterizado por sua eficiência e por exigir pouco esforço cognitivo. Responsável por processos mentais rápidos, intuitivos e automáticos, ele opera de forma subconsciente e é ativado involuntariamente diante de estímulos ambientais. Tal sistema é melhor aplicado para lidar com tarefas cotidianas simples, como responder a perguntas triviais e executar atividades motoras básicas, porém é suscetível a erros sistemáticos devido à sua tendência a tomar decisões com base em atalhos mentais conhecidos como vieses cognitivos ou heurísticas⁵. Assim, o Sistema 1 é útil em situações de emergência em que o tempo é escasso e se requer uma decisão imediata; entretanto deve ser usado cautelosamente para evitar julgamentos e decisões falhas (Kahneman, 2012).

O Sistema 2, por outro lado, requer grande esforço cognitivo e concentração, sendo responsável por processos mentais deliberativos, conscientes e analíticos. Esse sistema é acionado em situações que exigem raciocínio complexo, planejamento futuro e solução de problemas difíceis. Em comparação com o Sistema 1, o Sistema 2 é menos suscetível a vieses cognitivos, pois envolve uma abordagem mais cuidadosa e deliberada para processar informações e tomar decisões, as quais envolvem avaliação de riscos, análise de custo-benefício e consideração de múltiplas opções (Kahneman, 2012).

Estudos têm demonstrado, segundo Druzdzel e Flynn (2002), que a tomada de decisão humana é imperfeita e deteriora-se rapidamente em situações complexas e estressantes. Além disso, é amplamente intuitiva e foi otimizada pela evolução para evitar a sobrecarga cognitiva, utilizando-se amplamente de heurísticas.

Adicionalmente, conforme descrito pelo professor americano Bruce Kaufman (1999), o ser humano possui uma capacidade cognitiva limitada, o que dificulta a compreensão abrangente sobre todos os sistemas ao seu redor e o processamento de todas as informações recebidas. Isso se deve principalmente a três fatores: a capacidade restrita de processamento do cérebro humano, a falta de conhecimento

⁵ Heurística, ou vieses cognitivos, em psicologia cognitiva, corresponde a um processo de julgamento intuitivo, operando sob condições de incerteza, que produz rapidamente uma decisão. A heurística reduz a complexidade de uma decisão, problema ou questão ao negligenciar a consideração de todas as informações relevantes e disponíveis (Encyclopaedia Britannica, 2024a) e serve como atalho para uma tomada de decisão rápida, fazendo suposições com base em experiências e conhecimentos anteriores (Druzdzel; Flynn, 2002).

de todas as alternativas possíveis para resolver um problema e a influência dos aspectos emocionais e afetivos.

Em complemento à limitação de processamento do cerebral do homem, Robert S. Baron (1986, p. 23), em seu estudo sobre a teoria da Distração-Conflito, explora a dificuldade de se tomar decisões diante de interrupções contínuas, potencializada pela sobrecarga de dados e informações:

Tomadores de decisão desempenhando tarefas complexas têm pouca ou nenhuma capacidade cognitiva excedente. A redução de sua atenção devido a uma interrupção, provavelmente o fará perder pistas de informação, algumas delas relevantes para completar a tarefa. Sobre tais circunstâncias, a performance é deteriorada. À medida que o número de interrupções/distrações aumenta, a capacidade cognitiva do tomador de decisão é excedida, e a performance se deteriora mais severamente. Em adição à redução do número de pistas possíveis atendidas, distrações/interrupções mais severas podem encorajar os tomadores de decisão a usar heurísticas, tomar atalhos ou optar por uma decisão satisfatória, resultando em menor precisão na decisão (Baron, 1986, p. 23, tradução nossa)⁶.

Devido às limitações cognitivas, os seres humanos buscam maneiras e metodologias de tornar mais simples a resolução de problemas complexos, auxiliando na avaliação das decisões em situações de incerteza (Kelly, 2014). Dentre as metodologias mais relevantes, destaca-se o ciclo OODA.

2.2 O CICLO OODA

O processo cíclico e dinâmico OODA foi desenvolvido na metade dos anos 50 pelo Coronel John Boyd da Força Aérea dos Estados Unidos da América (EUA) por meio de estudos de combates aéreos durante as guerras da Coreia e do Vietnã. Esse processo diferencia-se de outros similares, uma vez que sua finalidade é ajudar a direcionar os recursos de uma equipe ou indivíduo para derrotar o inimigo e garantir a sobrevivência. Abordado inicialmente para conceituar a tomada de decisões no campo

⁶ Texto original: “Decision makers performing complex tasks have little if any excess cognitive capacity. Narrowing one’s attention as a result of the interruption is likely to result in the loss of information cues, some of which may be relevant to completing the task. Under these circumstances, performance is likely to deteriorate. As the number or intensity of the distractions/interruptions increases, the decision maker’s cognitive capacity is exceeded, and performance deteriorates more severely. In addition to reducing the number of possible cues attended to, more severe distractions/interruptions may encourage decision makers to use heuristics, take shortcuts, or opt for a satisficing decision, resulting in lower decision accuracy” (Baron, 1986, p. 23).

de batalha, tal processo foi expandido para áreas como comércio, legislação, entre outras, devido à sua popularidade (Kelly, 2014). Em sua definição, Kelly (2014) afirma que:

O objetivo do ciclo OODA é processar informações e escolher um plano de ação mais rapidamente do que seu oponente é capaz, permitindo, assim, 'entrar' no Ciclo de seu inimigo. Isso pode ser alcançado tanto completando o ciclo de maneira célere e agindo prontamente, quanto desacelerando o processo de seu oponente, mais frequentemente por meio de distração, perturbação da coleta de dados, ocultação de informações, desinformação ou pela sobrecarga de recursos de coleta de informações (Kelly, 2014, p. 157, tradução nossa)⁷.

De acordo com Boyd (1987 *apud* Blaha, 2018), o sucesso nas decisões militares dependia de respostas rápidas e ágeis, enfatizando a importância da habilidade humana sobre o mero poderio bélico. Boyd propunha que o objetivo das táticas militares seria “[...] imergir o adversário em um mundo de incerteza, dúvida, desconfiança [...] medo, pânico, caos, [...] e/ou dobrar o adversário para dentro de si mesmo, de modo que ele não possa lidar com os eventos/esforços à medida que eles se desenrolam” (Boyd, 1987 p.7 *apud* Blaha, 2018, tradução nossa)⁸.

Ambientes dinâmicos, onde se inserem as operações militares, demandam um grande esforço do decisor, pois deverá manter um desempenho eficaz diante de incertezas. Portanto, apesar do ciclo OODA apresentar-se como um processo simples, as etapas Observar, Orientar, Decidir e Agir desempenham um papel fundamental para se alcançar a vitória (Boyd, 1976 *apud* Blaha, 2018).

Segundo Blaha (2018), a etapa Observação é aquela em que as informações são reunidas pelo tomador de decisão humano. As fontes externas vêm por meio da interação direta do homem com o ambiente através de seus sentidos (visão, tato, audição, paladar, olfato). Kelly (2014) complementa que a qualidade dessas observações é sempre um fator importante no processamento decisório.

⁷ Texto original: “The objective of the OODA Loop is to process information and choose a plan of action faster than your opponent is able, therefore allowing you to “get inside” of your opponents Loop. This can be achieved both by completing the loop rapidly and acting quickly or, by slowing your opponents loop, most often through distraction, disruption of information gathering, concealment of information, disinformation or by overwhelming information gathering resources” (Kelly, 2014, p. 157).

⁸ Texto original: “[...] enmesh the adversary in a world of uncertainty, doubt, mistrust [...] fear, panic, chaos, [...] and/or fold adversary back inside himself so that he cannot cope with events/efforts as they unfold” (Boyd, 1987 p.7 *apud* Blaha, 2018).

A Orientação foi a etapa que Boyd discutiu com maior profundidade, uma vez que a considerou como ponto focal da perspectiva OODA, por moldar todas as interações com o ambiente (Boyd, 1987 *apud* Blaha, 2018). Consiste em cinco componentes que, coletivamente, modificam o processamento de informações humanas: herança genética, tradições culturais, experiências anteriores, novas informações e análise e síntese. Os três primeiros compreendem todos os processos internos e vieses que um operador traz para uma situação, enquanto os dois últimos evoluem dinamicamente durante todo o processo (Blaha, 2018). Representa, portanto, nossa bagagem de experiências, conhecimentos, tradições, protocolos e nosso legado cultural (Kelly, 2014).

Já a etapa da Decisão envolve fazer escolhas entre as hipóteses sobre o ambiente, eventos e adversários. Por meio de uma combinação de conexões de feedback, as decisões são direcionadas pelos objetivos dos operadores, pelas observações e pela interpretação (Blaha, 2018). Para Kelly (2014), nesse instante do ciclo, a decisão é tomada com base nas percepções obtidas até o momento, apresentando três opções: agir imediatamente para aproveitar oportunidades ou se defender contra ameaças; monitorar e investigar profundamente a situação para determinar a gravidade dos eventos; ou não agir, deixando recursos livres para aplicações mais pertinentes, pois nem todas as informações ou observações exigem uma resposta imediata.

A última etapa, a Ação, é a execução de uma resposta e deve ser realizada rapidamente para então reiniciar o processo do ciclo OODA (Kelly, 2014). Nesse momento, o decisor testa a hipótese escolhida interagindo com o ambiente e implementando o curso das ações. Se o agente determinar que mais informações são necessárias, a Ação é interrompida e retorna-se à etapa de Observação (Blaha, 2018).

Dessa forma, a eficácia do processo de tomada de decisão está intrinsecamente ligada à qualidade das observações, à capacidade de análise e síntese durante a fase de Orientação, à assertividade na Decisão e à prontidão durante a etapa da Ação.

2.3 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O conceito de IA surgiu no final da Segunda Guerra Mundial através do matemático britânico e pioneiro da informática Alan Mathison Turing. Em sua primeira conferência pública sobre o tema da inteligência computacional, destacou que o objetivo dessa inovação era que a máquina pudesse, no futuro, aprender com a experiência (Carpenter; Doran, 1977).

Desde então, a IA tem se desenvolvido de maneira efetiva, convertendo-se em um componente tecnológico cada vez mais presente no dia a dia das pessoas. Apesar de não se ter uma definição exata, “pode-se deduzir que a IA se refere a sistemas ou máquinas que imitam a inteligência humana para realizar tarefas específicas e que podem melhorar a si mesmas mediante interação mútua ou com base na informação que coletam” (Conferência de Direitos dos Colégios de Defesa Ibero-Americanos, 2022, p. 203, tradução nossa)⁹. O entusiasmo por pesquisas no campo da IA elevou-se ainda mais no século XXI, por volta do ano de 2010, devido à convergência do desenvolvimento de três elementos: as melhorias nas abordagens do aprendizado de máquina; o aumento da capacidade de processamento dos computadores; e a disponibilidade de muitas fontes de dados, conhecida como *Big Data* (BD) (Estados Unidos da América, 2016).

Analisando o campo da defesa, a IA é considerada uma tecnologia emergente e tem sido aplicada em uma ampla gama de operações, desde veículos autônomos até ferramentas de processamento de dados e logística (Gray; Ertan, 2021). Em 2020, durante uma simulação de realidade virtual financiada pelo Pentágono, um avião de combate autônomo, modelo F-16, controlado por IA, derrotou um piloto humano com experiência em várias batalhas aéreas (Knight, 2020). Em menos de três anos após tal simulação, em 2023, em função do grande desenvolvimento dos algoritmos, novos testes foram realizados com a aeronave controlada por IA, evoluindo do ambiente simulado para o controle real em voo. Essa experiência mostrou-se bastante

⁹ Texto original: “*se puede deducir que la IA se refiere a sistemas o máquinas que imitan la inteligencia humana para realizar tareas específicas y que pueden mejorarse a sí mismas mediante la interacción mutua o en base a la información que recogen*” (Conferência de Direitos dos Colégios de Defesa Ibero-Americanos, 2022, p. 203).

promissora para o setor de Defesa dos EUA (Defense Advanced Research Projects Agency, 2023).

Reconhecendo suas potencialidades, os norte-americanos e a China buscam a vanguarda do desenvolvimento da IA no âmbito militar. Nos EUA, o Departamento de Defesa, por meio de iniciativas como o *Hyperwar*¹⁰, está implementando uma rede adaptativa complexa que interconecta sensores, operadores e decisores. Essa abordagem permite que a IA tome decisões em tempo real, acelerando o ritmo das operações militares e transformando o modo como as batalhas são travadas (American Security Project, 2021).

Enquanto isso, a China está buscando uma abordagem de uso dual, enfatizando tanto sua aplicação comercial quanto militar. Esse investimento abrange tanto o desenvolvimento de armamentos autônomos quanto a modernização de suas forças armadas. Além disso, o governo chinês está promovendo leis e iniciativas para garantir a sincronização e o avanço coordenado das tecnologias de IA em todo o país, refletindo o compromisso de se posicionar como uma potência tecnológica global e de moldar o futuro da guerra moderna (Observer Research Foundation, 2021).

Verifica-se, portanto, que as pesquisas em IA são numerosas e estão em constante evolução e desenvolvimento. Buscam atender diversos propósitos, tanto civis, por meio das lucrativas aplicações comerciais, quanto militares, pela vanguarda dos procedimentos, técnicas e táticas em prol da superioridade. Sendo assim, para uma melhor compreensão, serão identificadas as subáreas, os níveis de progresso, a forma de interação da IA com o homem no processo de tomada de decisão e os desafios associados ao uso dessa tecnologia.

2.3.1 Subáreas da IA: Base de dados e Sistemas de Aprendizado

No contexto da IA, há diversas subáreas de estudo que orientam a utilização dessa tecnologia para finalidades específicas, como o processamento de linguagem natural e o reconhecimento de fala, escrita e visão, que auxiliam na troca de

¹⁰ Em seu tratado de 2017 sobre a *Hyperwar*, o General Fuzileiro Naval americano John Allen e o pesquisador Amir Husain redefinem a hiperguerra como aquela em que a tomada de decisão humana está quase que completamente ausente do ciclo OODA e, como consequência, o tempo associado às decisões será reduzido a respostas quase instantâneas (American Security Project, 2021).

informações entre homem e máquina. Outras subáreas são: a robótica, que permite aumentar a precisão durante a interação com o ambiente; a base de dados e os sistemas de aprendizado, que coletam informações do ambiente e transformam em conhecimentos úteis (Dash, 2018). Considerando essa diversidade de subáreas, para a análise desse estudo, serão descritas apenas as seguintes: base de dados e sistemas de aprendizado.

O acesso a uma base de dados é primordial para o adequado funcionamento da IA, por construir o alicerce de seu conhecimento. Antes que qualquer informação significativa possa ser extraída, os dados brutos precisam ser organizados, depurados e categorizados. A complexidade e a dificuldade de interpretação decorrem do fato de que tais dados se apresentam em diferentes formatos e tamanhos, como texto, vídeo, áudio e imagens, ou uma combinação desses atributos (Dash, 2018).

O conceito de BD refere-se à capacidade de gerenciar enormes conjuntos de dados, os quais, quando analisados computacionalmente, revelam padrões, tendências e associações. Os principais elementos do BD são conhecidos como os 3 "V": volume, velocidade e variedade, os quais otimizam as capacidades da IA e são essenciais para o treinamento de máquinas (Layton, 2018).

Atualmente, segundo Layton (2018), o tamanho e a heterogeneidade dos dados provenientes dos sensores militares criam um ambiente de BD. Os sistemas de informação tática atuais não conseguem atender aos prazos exigidos para a identificação de alvos em ambientes de múltiplas ameaças, em virtude do aumento significativo na demanda por transformar dados provenientes de imagens, áudios, vídeos, dados geoespaciais e dados em três dimensões em conhecimento.

Em relação aos sistemas de aprendizado, na maioria das aplicações atuais, a IA opera por meio de algoritmos¹¹ que, quando combinados com computação de alto desempenho, permitem aos cientistas explorar e encontrar resultados em grandes conjuntos de dados de forma eficiente (Davis, 2019). Existem dois principais métodos de construção dos algoritmos para os sistemas de aprendizado, de acordo com Layton (2018): supervisionado e não supervisionado. No método supervisionado, os

¹¹ Os algoritmos consistem em uma sequência de instruções e regras que as máquinas seguem para resolver problemas, convertendo dados de entrada simples em saídas refinadas (Layton, 2018).

algoritmos utilizam dados rotulados¹², que requerem categorização por parte das pessoas, resultando em um processo demorado e suscetível a erros humanos. Já no método não supervisionado, os algoritmos identificam padrões em dados não rotulados por conta própria, de forma semelhante à maneira como os humanos aprendem ao observar o mundo ao seu redor e compreender as relações entre objetos.

Após a identificação dos métodos de construção dos algoritmos, seja por programadores humanos ou pelas próprias máquinas, torna-se importante a compreensão das formas de aprendizado da IA, destacando-se o *Machine Learning* (ML) e o *Deep Learning* (DL).

O ML utiliza um conjunto específico de algoritmos que permite que os computadores analisem dados, aprendam com experiências passadas e tomem decisões para melhorar seus resultados. O uso mais comum desse tipo de IA são recomendações de conteúdo, detecção de fraudes e manutenção preditiva (Segal, 2020). Diante dessa tecnologia, a IA é capaz de aprender a categorizar pessoas ou objetos com base no banco de dados que possui e, ao apresentar resultados negativos, consegue refinar sua análise e melhorar o seu processo de caracterização (Cerri; Carvalho, 2017).

Já o DL representa um marco significativo no campo do aprendizado, pois, ao criar redes neurais¹³ complexas, a máquina continua aprendendo e evoluindo ao realizar seu próprio trabalho, de forma similar ao comportamento humano (Layton, 2018). Cada camada dessas redes amplia a capacidade de aprendizado, permitindo lidar com dados não rotulados em meio a dados espúrios e ruídos, sendo amplamente utilizado em diversas áreas, desde jogos até reconhecimento de voz e assistentes virtuais, impulsionando aplicações autônomas de IA (Le Cun, 2019). Permite, então,

¹² A rotulagem de dados faz parte do estágio de pré-processamento do aprendizado de máquina. Requer a identificação de dados brutos, ou seja, imagens, arquivos de texto, vídeos, e a inclusão de um ou mais rótulos nesses dados para especificar o contexto, a fim de permitir que esses modelos façam previsões precisas (IBM, 2024).

¹³ As redes neurais, inspiradas no arranjo dos neurônios do cérebro humano, são responsáveis por receber, processar e transmitir informações. Elas são compostas por várias unidades artificiais que funcionam de maneira semelhante às células nervosas biológicas. Essas unidades recebem dados de diversas fontes de entrada e os processam para realizar tarefas de aprendizado, sendo treinadas com conjuntos de dados específicos (Dash, 2018).

lidar com BD para reconhecimento de objetos e padrões de interesse (Zhao; Kendall; Johnson, 2016).

Um exemplo do DL é a Análise de Link Léxico (ALL), que é um método que permite a rotulação de dados complexos, como imagens visíveis e em infravermelho (IR), facilitando o reconhecimento de objetos em diferentes modalidades sensoriais e contribuindo para a interpretação precisa de grandes conjuntos de dados (Zhao; Kendall; Johnson, 2016).

2.3.2 Níveis de progresso da IA

Para refinar o entendimento da IA, foram estabelecidos por Spiegeleire, Maas e Sweijs (2017) e Dash (2018) alguns níveis de progresso no seu desenvolvimento, distinguidos como *Artificial Narrow Intelligence* (ANI), *Artificial General Intelligence* (AGI) e *Artificial Super Intelligence* (ASI).

A ANI, ou Inteligência Artificial Estreita, também conhecida como Inteligência Artificial Fraca, refere-se a sistemas de IA projetados e treinados para realizar tarefas específicas de forma competente, mas limitada a áreas específicas de aplicação. Por não possuir capacidade de generalização ou compreensão abrangente do mundo como os humanos, são especializados em resolver problemas particulares dentro de limites bem definidos, sem capacidade de transferir seu conhecimento para outras áreas ou aprender novas tarefas sem intervenção externa significativa. Os sistemas de computação acessam bancos de informações e realizam coleta e análise de dados por conta própria, abordando áreas de aplicações pontuais, como jogos estratégicos, tradução de idiomas, veículos autônomos e reconhecimento de imagem (Spiegeleire; Maas; Sweijs, 2017; Dash, 2018).

Já a AGI, também conhecida como *Strong AI* ou Inteligência Artificial Forte, refere-se a um nível de IA hipotético capaz de entender, aprender e realizar qualquer tarefa cognitiva que uma pessoa possa fazer, imitando e recriando as funções do cérebro humano. Este conceito implica em uma máquina que possui consciência e capacidade de raciocínio abstrato, permitindo adaptar-se a novas situações e aprender novas habilidades sem intervenção externa. A AGI representaria um avanço significativo em relação à IA estreita, pois não estaria limitada a tarefas específicas.

Embora tenha alcançado sucesso considerável em seu estudo, o aperfeiçoamento da AGI ainda tem muito a progredir, pois depende de avanços que incrementem a capacidade das redes neurais conectarem-se com várias outras redes neurais por meio de diferentes sistemas (Spiegeleire; Maas; Sweijs, 2017; Dash, 2018).

Por fim, a ASI, ou Superinteligência Artificial, é um conceito teórico que ultrapassa significativamente a capacidade cognitiva humana em todas as áreas. Este nível de IA seria capaz de superar a inteligência do homem em todos os aspectos, incluindo criatividade, compreensão abrangente do mundo e resolução de problemas complexos. Além disso, uma ASI teria a capacidade de melhorar continuamente sua própria inteligência e se desenvolver de forma autônoma, potencialmente levando a consequências imprevisíveis para a sociedade e para o mundo em geral (Spiegeleire; Maas; Sweijs, 2017; Dash, 2018).

Esses diferentes níveis de progresso da IA refletem o quão vasto e complexo é o estudo dessa tecnologia e evidenciam que ainda há um longo caminho a percorrer em termos de desenvolvimento e descobertas. Cada etapa representa avanços importantes em compreensão, capacidade e aplicação, sublinhando o potencial transformador da IA e suas profundas implicações para a sociedade.

2.3.3 Interação da IA com o homem no processo de tomada de decisão e desafios associados

A interação entre a IA e o homem no processo de tomada de decisão inclui três modelos principais, segundo os pesquisadores Johnson, Green e Canfield (2001): o manual, o semiautomático e o totalmente automatizado. Cada um desses modelos oferece diferentes níveis de suporte e automação, dependendo da complexidade e das necessidades do espaço de decisão.

No modelo de tomada de decisão manual, os humanos coletam, armazenam e analisam as informações em suas próprias mentes. É apropriado para situações simples e diretas, no qual a quantidade de dados e o número de variantes são gerenciáveis manualmente, portanto, sem nenhuma influência da IA. No semiautomático, os humanos contam com máquinas para gerenciar, armazenar, fundir e processar informações, exibindo análises de decisão que auxiliam na

avaliação de opções e possíveis consequências, ideal para espaços de decisão mais complexos (Johnson; Green; Canfield, 2001).

Já no modelo totalmente automatizado, a IA realiza todo o processo de decisão, sendo adequado para cenários com grandes volumes de dados e onde a rapidez de resposta é vital (Johnson; Green; Canfield, 2001). Também conhecido como *man-out-of-the-loop*, ou homem fora do ciclo, este modelo refere-se a uma situação em que o ser humano é removido do processo de tomada de decisões e controle, deixando as responsabilidades exclusivamente nas mãos da IA. Isso implica na ausência de orientação, supervisão ou intervenção humana direta durante a operação do sistema (Layton 2018).

Modos de decisão totalmente automatizados são para operações em tempos de paz, onde as decisões não têm consequências graves, ou para operações altamente complexas, onde o tempo de reação para decisão é muito curto para os homens. Também podem ser apropriados quando há um grau muito alto de confiança nas informações e no conhecimento da situação, por exemplo, quando se sabe que um objeto rastreado é de fato um alvo de ameaça inimiga (Johnson; Green; Canfield, 2001).

Entretanto, além dos excessivos custos monetários para implementar essas novas tecnologias, Grooms (2019) ressalta que alguns desafios devem ser cuidadosamente considerados. A confiança em um sistema para fornecer assistência só será conquistada ao longo do tempo e através da entrega consistente de resultados positivos. Recomendações ruins de tomada de decisão apenas prejudicarão a implementação e a utilização. Bosh e Bronkhorst (2018) reiteram que um dos principais riscos é a dependência excessiva da IA, a qual pode levar à deterioração da habilidade humana de decidir.

Embora os avanços recentes tenham possibilitado novos métodos de modelagem de ambientes incertos, e as ferramentas de BD e DL ofereçam um grande potencial para suporte à decisão, esses modelos funcionam como uma "caixa-preta", pois não explicam como os resultados são obtidos, prejudicando assim a confiança do usuário no sistema (Bosh; Bronkhorst, 2018). Além disso, essas ferramentas podem ser inesperadamente vulneráveis a ataques cibernéticos de adversários, gerando resultados completamente errôneos (Brown *et al.*, 2017). Por fim, Horowitz

(2018) questiona a respeito de quantos “desvios éticos” e danos colaterais poderiam ser causados em uma guerra travada na “velocidade das máquinas”, aumentando a frequência de resposta de suas decisões mesmo que em prejuízo dos valores humanitários.

2.4 CONCLUSÕES PARCIAIS

Em um processo de tomada de decisão, a restrição do tempo disponível, associada à limitação cognitiva, à falta de conhecimento de alternativas e à influência emocional, traz grandes prejuízos ao julgamento do homem. Juntamente com uma sobrecarga de informações, dados e distrações, essas condições levam o decisor a deixar de usar o Sistema 2, que adota uma abordagem cuidadosa e precisa. Em vez disso, recorre de forma inconsciente ao Sistema 1, utilizando atalhos e heurísticas para solucionar problemas, o que pode resultar em distorções na percepção do ambiente e em falhas significativas.

Uma ferramenta que pode ser aplicada para estruturar as etapas do processo decisório é o ciclo OODA. Ao adotar procedimentos de aquisição, processamento e atualização de informações para compreender o ambiente em constante mudança, selecionar decisões e executar ações, pode-se antecipar táticas, manter uma vantagem sobre o adversário e estar preparado para futuras ações. Entretanto, qualquer interrupção ou falha, principalmente na etapa da Orientação, pode resultar em modelos mentais incompletos ou equivocados, possibilitando a exploração das vulnerabilidades pelo adversário.

Nas últimas décadas, a evolução da IA tem sido marcada por avanços expressivos, inclusive no campo militar, passando a desempenhar papel importante na defesa e surgindo como uma ferramenta útil para a tomada de decisão. Em virtude dos sistemas de aprendizado como o ML e o DL, a IA tem o potencial de ser amplamente aplicada para lidar com BD. Isso a torna capaz de processar um grande volume e variedade de dados, de forma mais precisa e mais rápida que o homem, contribuindo para a eficiência do processo decisório.

A interação entre o homem e a IA é fundamental para enfrentar os desafios da tomada de decisão em diversos contextos. A escolha do modelo de interação deve

considerar a complexidade do problema, a quantidade de dados disponíveis e a necessidade de rapidez e precisão nas decisões, tendo suas próprias vantagens e limitações. Os modelos de interação com a IA podem variar amplamente, desde uma abordagem em que a IA não exerce influência direta, passando por um papel de suporte na decisão, até situações em que a IA atua como o decisor único, sem intervenção humana.

Embora a implementação da IA ofereça diversos benefícios, ela também apresenta desafios significativos, além dos altos custos envolvidos e dos desafios tecnológicos a serem superados. Primeiramente, a confiança na IA se desenvolve gradualmente, dependendo de uma entrega consistente de resultados positivos e da transparência no processo de geração desses resultados. Em segundo lugar, a dependência excessiva da IA pode reduzir as habilidades humanas de decidir corretamente, além de ser suscetível a ataques cibernéticos que podem resultar em informações errôneas. Finalmente, em contextos complexos, a tomada de decisão exclusivamente realizada pela IA pode acarretar danos colaterais, o que enfatiza a necessidade de uma consideração ética mais profunda.

3 O SUBMARINO DE PROPULSÃO NUCLEAR

Considerando a importância estratégica do SCAPN para o Brasil, conforme delineado na PND e na END, e levando em conta o entorno estratégico brasileiro apresentado na introdução, este capítulo se propõe a detalhar o emprego tático e as principais características do SCAPN relacionadas ao processo de decisão. Serão abordados os aspectos dos sensores, do sistema de comunicações e do sistema de combate do submarino, além de analisar as dificuldades cognitivas enfrentadas pelo Comandante. Esses elementos servirão como base para entender o processo de coleta e processamento de informações a bordo do submarino, e como o ciclo OODA é utilizado para gerar conhecimento valioso para o comandante na execução de suas diversas tarefas. Além disso, identificaremos que, mesmo com os avanços tecnológicos dos equipamentos a bordo, a integração da IA continua sendo essencial para aprimorar o processo de tomada de decisão.

3.1 O EMPREGO TÁTICO DO SCAPN

Em matéria de operação de submarinos, a MB já alcançou um elevado nível, demonstrado por altos índices de disponibilidade, formação, treinamento, participação em operações multinacionais e desenvolvimento de doutrina própria. Além disso, a capacidade de manutenção e construção de sistemas foi aprimorada ao longo de mais de cem anos desde a chegada do primeiro submarino italiano ao Brasil (Lobo, 2015).

Conforme Lobo (2006), o SCAPN, diferentemente do submarino convencional, utiliza a velocidade e a mobilidade a seu favor, permitindo reposicionamento rápido e discreto. Essa capacidade de manobra é decisiva tanto em operações ofensivas quanto defensivas. O SCAPN pode acompanhar forças inimigas e esperar o momento oportuno para atacar e monitorar atividades adversárias, oferecendo uma gama de possibilidades táticas e estratégicas.

O submarino é concebido como uma arma prioritariamente ofensiva, utilizando sua capacidade de ocultação para alcançar a surpresa na guerra. Sem a possibilidade de graduar sua força, o ataque torna-se, portanto, sua principal tarefa (Lobo, 2006). Holland (2002) e Vego (2009) apontam o SCAPN como o melhor meio para se

contrapor a outro submarino na atualidade, basicamente pela sua discrição e elevada capacidade de detecção. Consideram-no, também, como o melhor meio para a minagem ofensiva.

Segundo Lobo (2017, p. 47), "a capacidade de penetrar em áreas controladas pelo inimigo proporciona ao SCAPN a possibilidade de projetar poder além dos limites das forças navais". Holland (2002) complementa que o submarino é um importante meio de inserção de forças especiais, principalmente quando as implicações táticas ou políticas tornarem inviável o emprego de aeronaves. Além disso, para Vego (2009), a ocultação associada à tecnologia embarcada provê uma capacidade de coletar informações de inteligência que não pode ser replicada, fornecendo subsídios em tempo real para os níveis operacional e estratégico

Paul Cohen (1959, p. 110) destacou, no contexto da Guerra Fria, que "se a intenção for considerar o submarino como um navio de maior importância, e não como recurso auxiliar, é necessário que ele comprove a sua habilidade para executar uma ampla variedade de tarefas militares". E isto, atualmente, se apresenta como realidade. De acordo com a Doutrina Militar-Naval, o submarino contribui sobremaneira para operações de ataque em ações de submarinos, sendo sua atividade prioritária, além das operações de minagem, esclarecimento, inteligência e operações especiais, como atividades secundárias (Brasil, 2017).

Embora os SCAPNs ofereçam inúmeras vantagens, seu emprego envolve riscos consideráveis. A mobilidade estratégica e a capacidade ofensiva podem escalar conflitos inadvertidamente, exigindo Regras de Engajamento (ROE)¹⁴ rigorosas para controlar suas operações e minimizar repercussões políticas (Lobo, 2017). Adicionalmente, Lobo (2006) menciona que a ofensividade intrínseca dos submarinos nucleares os torna fatores escaladores nos conflitos, necessitando de um controle cuidadoso para evitar consequências indesejadas.

Outro risco significativo é a exposição tecnológica. Operar em ambientes hostis e utilizar tecnologia de ponta, em especial a nuclear, aumenta a complexidade das missões e o potencial de exposição a contra-ataques. A coordenação com outras forças navais também pode gerar indiscrições, que devem ser consideradas no

¹⁴ As Regras de Engajamento são diretrizes que definem as condições e o grau de uso da força militar, assegurando que as operações sejam conduzidas em conformidade com o Direito Internacional Humanitário (Comitê Internacional da Cruz Vermelha, 1977).

planejamento das operações, passando a exigir uma análise detalhada de custo-benefício em cada missão, sempre considerando a possibilidade de perda e ponderando os impactos estratégicos (Lobo, 2006).

3.2 SENSORES E SISTEMA DE COMBATE DO SUBMARINO

Retomando aos conceitos do Almirante Lobo (2006, p. 8), “o submarino é uma arma ofensiva por concepção, já que usa a sua capacidade de ocultação para obter o princípio de guerra da surpresa [...]”, e para que pudesse ser explorada tal capacidade, foi necessário o desenvolvimento de diversos sensores que lhe permitisse compreender seu entorno o suficiente para atacar alvos, evitar navios de guerra antissubmarino e superar os obstáculos da navegação (Friedman, 1984).

Inicialmente, isso parecia impossível, uma vez que as mesmas leis da natureza que tornam um submarino submerso invisível também bloqueiam sua visão da superfície, e a luz é absorvida tão rapidamente debaixo d'água que não fazia sentido tentar ver as características subaquáticas de navios próximos. Foi, então, criado o periscópio, dando aos comandantes de submarino uma visão rápida de seus arredores, podendo ser usado enquanto permanecia em imersão (Friedman, 1984).

Conforme Breitinger, Clua e Fernandes (2021), essa exposição do periscópio mostrou-se estrategicamente perigosa, porque o submarino poderia ser detectado visualmente ou por radares, tornando-o vulnerável. Devido ao risco, o comandante passou a operar o periscópio mediante técnicas, visando reduzir o tempo de apresentação do mastro fora d'água e coletando o máximo de informações para a identificação de contatos no alcance da visibilidade.

Friedman (1984) complementa que, progressivamente, os desenvolvedores de periscópios adicionaram refinamentos como detecção infravermelha e intensificação de imagem, para operação noturna, estabilização óptica e até mesmo rastreamento automático de alvos, incluindo sistemas óptico-eletrônicos híbridos que passaram a ser descritos como optrônicos, a fim de melhorar a coleta de informações.

Mesmo assim, percebemos que a operação do periscópio envolve um grande risco devido à exposição, representa uma dificuldade na coleta de informações sobre os alvos e o ambiente devido ao curto alcance e período de exposição limitados, além

de absorver excessivo tempo e esforço cognitivo do comandante do submarino no uso do sensor.

O periscópio foi complementado por sistemas de som durante e após a Primeira Guerra Mundial. Embora os detectores sonoros, ou hidrofones, tenham sido originalmente projetados para que navios de superfície detectassem submarinos, eles funcionavam igualmente bem na direção oposta. A eficácia do alcance sonar passou a depender de três fatores: a estratificação do mar; a extensão da propagação em função da absorção; e a capacidade do sonar e de seu processador de sinal associado de distinguir sinais relativamente fracos entre os ruídos aleatórios sempre presentes (Friedman, 1984).

Adicionalmente, Gimse (2017) destaca que para todo sinal interceptado é fundamental reconhecer sua origem, notadamente para distinguir de qual meio de superfície é proveniente. E complementa que um operador de sonar manual não é capaz de classificar com precisão e rapidez todas as embarcações marítimas vizinhas, sendo necessário um robusto sistema para integrar essa abundante quantidade de dados de entrada.

Observamos que o sonar se tornou o principal sensor do submarino, em virtude de sua ininterrupta operação e seu elevado alcance, dependendo das características de seus equipamentos, arranjos e condições ambientais. Entretanto, sua otimização, devido à grande quantidade de sinais de entrada, não é possível apenas com operadores manuais, precisando de tecnologia para robustecer o processo de identificação dos contatos.

Também, ainda durante a Segunda Guerra Mundial, radares compactos foram desenvolvidos, capazes de operar quando o submarino navegava na cota periscópica¹⁵. Seus principais defeitos eram o tamanho e indiscrição eletromagnética gerada, que possibilitavam que sua esteira e emissões fossem detectadas por navios escoltas. Medidas de Suporte Eletrônico (MSE) foram sendo incorporadas aos submarinos, a fim de interceptar sinais de radar ou rádio provenientes da superfície, detectando navios bem além do alcance visual (Friedman, 1984).

¹⁵ Cota periscópica ou profundidade de periscópio é a profundidade na qual permite ao submarino obter, com a utilização do periscópio, a visualização da superfície enquanto permanece submerso (Fonseca, 2005).

Operações eficazes de submarinos passaram a exigir não apenas sensores discretos para detectar o ambiente ao redor, mas também um meio de comunicação bidirecional. E, devido à restrição física da transmissão eletromagnética através da água, a comunicação submarina passou a ser disponível principalmente por meio de antenas que se projetam acima da superfície do mar de forma intermitente e agendada (Friedman, 1984), a fim de manter-se a ocultação.

Outro problema de sensoriamento importante é a navegação. Muitos tipos de operações de submarinos requerem a navegação precisa enquanto submerso. Para a Marinha dos EUA, a solução foi um sistema de navegação inercial que detectava o movimento do submarino medindo seus vetores de aceleração em relação à Terra, integrando-os para estimar as velocidades. Embora, em teoria, a navegação inercial não exija uma fonte de dados externa, na prática, ela acumula erros ao longo do tempo, requerendo atualizações periódicas e necessitando que o submarino, através de uma antena acima da superfície da água, receba dados de satélites de navegação para sua atualização (Friedman, 1984).

Friedman (1984) adiciona que os submarinos nunca tiveram o benefício da clara consciência situacional comum na guerra de superfície e aérea. Com isso, respeitando a premissa da ocultação e discrição, busca-se utilizar todos os sensores disponíveis para realizar a compilação do quadro tático satisfatoriamente. Cada dispositivo identifica seu próprio conjunto de alvos por meio de *tracks*. Assim, a complexidade reside em saber se dois *tracks* diferentes, originados de dois sensores distintos, representam o mesmo alvo, para que seja possível a fusão dos dados e a melhor compreensão do cenário (Annabattula *et al.*, 2015). E esta é uma das funções do sistema de combate do submarino.

Segundo Benedict (2000) empresas líderes na exportação de sistemas de combate de ponta, integram diversas funções essenciais, como detecção e rastreamento de alvos, identificação e avaliação de ameaças, engajamento de alvos através de armas como torpedos e mísseis. Além disso, a gestão de informações, a comunicações com outras unidades e comandos superiores, e o auxílio na navegação e manobra do submarino também contribuem para a maior precisão e segurança nas operações.

Neste ambiente altamente dinâmico e rico em informações das operações militares em submarinos, cabe ao comandante tomar decisões rápidas que podem, em última instância, determinar a destruição ou sobrevivência do próprio navio, bem como o cumprimento de sua missão designada. Apesar de seu extenso treinamento e expertise, a “névoa da guerra” frequentemente obscurece os encontros no mundo real, onde peças do quebra-cabeça tático podem estar espalhadas, quebradas ou até mesmo ausentes (Hicks *et al.*, 2004).

Hicks *et al.* (2004) complementa que é responsabilidade do comandante transformar a “névoa da guerra” em um quadro tático claro e decidir intuitivamente o curso de ação ideal para alcançar os objetivos e metas da missão. O problema resulta que o comandante e sua equipe possuem uma quantidade limitada de informações sobre o contato e um conhecimento insuficiente para modelar completamente suas ações e reações.

Uma pesquisa sobre a quantidade de conhecimento necessário para especialistas tomarem decisões, conduzido por Ettenson, Shanteau e Krogstad (1987), oferece uma abordagem interessante ao sugerir que não era necessariamente a quantidade de dados usada pelos especialistas que tornavam a decisão assertiva, mas a capacidade em focar nas informações relevantes. Sendo assim, passaremos a identificar os desafios cognitivos enfrentados pelo comandante.

3.3 DESAFIOS COGNITIVOS ENFRENTADOS PELO COMANDANTE DO SCAPN

De acordo com os conceitos já discutidos, Dominguez *et al.* (2006) reforçam que o Comandante do SCAPN enfrenta várias dificuldades ao tomar decisões. Esses problemas incluem a necessidade de fazer julgamentos sutis e avaliar situações complexas enquanto lida com pressão de tempo, alto risco, condições em constante mudança e incerteza.

Ainda segundo os estudos de Dominguez *et al.* (2006), com dados obtidos por meio de observações a bordo e entrevistas com 19 comandantes de submarinos nucleares, foram identificados seis principais desafios cognitivos enfrentados por esses profissionais. Primeiramente, os comandantes têm dificuldades em projetar

dados futuros, uma vez que as telas dos equipamentos disponíveis a bordo geralmente mostram apenas informações atuais e passadas. Essa limitação, combinada com a necessidade de integrar mentalmente dados dispersos em várias telas, compromete o foco no futuro e reduz o tempo disponível para identificar fraquezas e oportunidades.

No SCAPN, as principais informações táticas estão distribuídas em diversas telas, cuja visualização se torna inviável a longa distância. Isso obriga o Comandante do SCAPN a integrar todas essas informações manualmente, monitorar sinais de alerta pessoalmente e se deslocar constantemente para interpretar os dados, o que diminui o tempo disponível para tomar decisões e avaliar ações, sobretudo em condições de alta pressão e estresse. Outro desafio significativo é a construção e manutenção de uma visão tridimensional do espaço pelo comandante, considerando que o submarino pode se deslocar em várias profundidades. A capacidade de formar e manter uma representação mental precisa do ambiente vertical é essencial, especialmente em situações de alto estresse e em áreas próximas à costa, onde o risco de colisão com o fundo ou encalhe é maior. Essa dificuldade em criar uma imagem mental precisa pode, portanto, afetar negativamente a tomada de decisões (Dominguez *et al.*, 2006).

A organização e priorização de contatos em ambientes de alta densidade também representam um desafio substancial. Gerenciar a navegação e os contatos em áreas congestionadas exige que o comandante compreenda e responda a variáveis em constante mudança, o que é cognitivamente exigente e aumenta o risco de abalroamento ou detecção não intencional (Dominguez *et al.*, 2006).

Além disso, identificar pontos de decisão e gerenciar a incerteza em ambientes dinâmicos é uma tarefa desafiadora. Apesar dos avanços tecnológicos, a incerteza continua a ser um fator relevante. O Comandante do SCAPN precisa avaliar qual o melhor momento para executar suas ações para influenciar a situação tática. Melhorar o suporte ao comandante para compreender como as ações afetam a situação geral pode facilitar a identificação de oportunidades para otimizar a operação e proporcionar uma visão mais precisa do cenário tático (Dominguez *et al.*, 2006).

Finalmente, a realização de análises de "e se" durante sessões de replanejamento é muito importante. Em situações de pressão elevada, o comandante

e os integrantes de sua equipe se reúnem em torno do sistema de combate para obter recomendações e determinar possíveis soluções. No entanto, a interface atual não suporta adequadamente a compreensão de como proceder em diferentes cenários, dificultando a identificação de pequenas diferenças que podem afetar a viabilidade da linha de ação (Dominguez *et al.*, 2006).

3.4 CONCLUSÕES PARCIAIS

O SCAPN tem se consolidado como uma plataforma estratégica de grande valor, tanto em operações ofensivas quanto em defensivas, devido à sua alta capacidade de mobilidade, descrição e velocidade. A capacidade do SCAPN de se reposicionar rapidamente e de se infiltrar em áreas controladas pelo inimigo, juntamente com sua possibilidade de coletar informações de inteligência, realizar inserções de forças especiais e implantar campo minado, o tornará um importante ativo para a MB e contribuirá, ainda mais, para o fortalecimento do Poder Naval brasileiro.

Contudo, a operação do submarino apresenta riscos consideráveis, incluindo a potencial escalada de conflitos e a exposição tecnológica, exigindo ROE rigorosas e uma análise detalhada de custo-benefício da missão. Diante dos inúmeros obstáculos e possibilidades que tornam complexo o uso desta formidável arma de guerra, recai uma grande responsabilidade sobre aqueles que a operam, especialmente sobre o Comandante do SCAPN. O comandante deve transformar a “névoa da guerra” em um quadro tático claro, mesmo com informações limitadas e conhecimento insuficiente para modelar completamente as ações e reações.

Embora os avanços tecnológicos dos sensores como periscópios, sonares e radares tenham melhorado a qualidade das informações coletadas, a grande quantidade de dados a serem processados torna a compreensão do ambiente tático mais desafiadora. A interpretação dessas informações é complexa, exigindo um grande esforço dos operadores e um tempo excessivo do Comandante do SCAPN. O sonar, por exemplo, ao se estabelecer como o principal sensor dos submarinos devido à sua operação contínua e ao alcance elevado, exige a integração de tecnologia avançada para otimizar a identificação de contatos, superando as limitações dos

operadores manuais. Os sistemas de combate dos submarinos também enfrentam obstáculos para otimizar a interpretação e a integração dos dados coletados, transformando-os em um quadro tático claro e preciso.

Por fim, embora os avanços tecnológicos atuais ofereçam ao Comandante do SCAPN acesso a sensores avançados e algoritmos supervisionados, os desafios relacionados à integração de informações, à gestão da incerteza e à necessidade de tomar decisões sob alta pressão e com pouco tempo ainda são significativos. Esses fatores podem resultar em dificuldades cognitivas que impactam a capacidade do comandante de tomar decisões eficazes.

4 ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DA IA NO CICLO OODA DO COMANDANTE DO SCAPN

Para melhorar a compreensão do Comandante do SCAPN na avaliação do quadro tático, reduzir o tempo de resposta a ameaças emergentes e aumentar a precisão das decisões, neste capítulo será analisada a integração da IA em cada uma das etapas do ciclo OODA. Além disso, serão examinados os níveis de interação entre a IA e o Comandante do SCAPN, destacando como essa tecnologia poderá auxiliar o processo de tomada de decisão em operações táticas.

4.1 A ETAPA OBSERVAR

Durante uma missão, o Comandante do SCAPN, na etapa observar, enfrenta o desafio de lidar com a grande quantidade de informações provenientes dos sensores do submarino, essenciais para a percepção do ambiente externo. A qualidade das observações e a capacidade humana de interpretação são limitadas, resultando em dificuldades substanciais para transformar essas informações em conhecimento, especialmente em situações de sobrecarga de dados.

Uma solução eficaz para enfrentar essas limitações é a integração da IA aos sensores do SCAPN. No caso do sonar, por exemplo, o uso de DL permitirá que a IA processe grandes volumes de dados acústicos. Isso proporcionará uma melhor discriminação entre o ruído ambiente, o ruído próprio e os sinais dos alvos, aprimorando a relação sinal-ruído¹⁶, a identificação dos alvos e a detecção de padrões para a classificação dos contatos. Dessa forma, a capacidade limitada do operador humano de distinguir sinais fracos e classificar rapidamente todos os contatos será significativamente aprimorada, reduzindo a carga cognitiva e aumentando a eficiência na análise de dados.

Com relação às MSE, a IA poderá melhorar a detecção e a classificação de sinais eletromagnéticos interceptados. A tecnologia será capaz de correlacionar esses

¹⁶ A relação sinal-ruído (SNR, do inglês Signal-to-Noise Ratio) é um conceito fundamental em diversas áreas, como engenharia de comunicações, processamento de sinais e eletrônica, que mede a proporção entre o sinal desejado e o ruído presente em um sistema, sendo um indicador da qualidade e confiabilidade da transmissão ou recepção de informações (Encyclopaedia Britannica, 2024b).

sinais com uma biblioteca de missão eletromagnética e atualizar constantemente essa base de dados com novas informações em tempo real. Isso reduzirá a complexidade e o tempo necessários para a correlação de sinais, aliviando a carga mental associada à interpretação manual e possibilitando uma resposta mais rápida e precisa a navios detectados fora do alcance visual.

Para periscópios e sensores optrônicos, a ALL poderá ser utilizada para processar imagens visíveis e infravermelhas. A IA transformará essas imagens em listas de atributos ou características, por meio da rotulação dos dados, facilitando a identificação e o reconhecimento de objetos em diferentes modalidades sensoriais. Esse processo melhorará a interpretação de grandes volumes de dados e reduzirá a sobrecarga cognitiva do operador, especialmente em condições de baixa visibilidade ou em operações noturnas.

4.2 A ETAPA ORIENTAR

Na etapa de Orientação do ciclo OODA, o Comandante do SCAPN reúne e integra todas as informações coletadas pelos sensores durante a fase anterior, atualiza seu quadro tático e elabora alternativas para seguir o planejamento e cumprir a missão. Cada decisor, assessorado por sua equipe, formula suas próprias alternativas com base em conhecimentos, experiências anteriores, tradições e herança genética. Embora o Comandante do SCAPN seja bem treinado e experiente, sua capacidade cognitiva enfrenta limitações significativas durante essa etapa crítica, comprometendo a eficácia do processo de decisão. A dificuldade de integrar grandes volumes de dados em tempo real pode resultar em erros de julgamento e a falta de conhecimento sobre todas as alternativas possíveis, associada à complexidade na gestão de aspectos emocionais e afetivos, agrava ainda mais esses desafios.

A IA, por outro lado, utilizando algoritmos não supervisionados e DL, pode processar e analisar grandes quantidades de dados com rapidez e precisão superiores às capacidades humanas e sem vieses ou heurísticas, ajustando suas análises e previsões com base no feedback recebido. Apesar dessas vantagens, a IA ainda necessita do homem para estabelecer parâmetros culturais e tradicionais,

essenciais para a criação de alternativas e soluções em conformidade com os padrões éticos da sociedade.

Para os SCAPN, a IA pode superar a limitação de integrar e projetar dados futuros a partir das informações atuais e passadas apresentadas nas telas dos sensores. Aplicando técnicas de aprendizado não supervisionado, a IA pode identificar padrões e tendências, melhorar a previsão de cenários futuros e oferecer alternativas mais precisas para o comandante. Além disso, a IA pode construir e manter uma visão tridimensional do ambiente submarino, ajudando o Comandante do SCAPN a gerenciar a complexidade da navegação em diversas profundidades e a lidar com a incerteza de maneira mais eficaz. A capacidade da IA de organizar e priorizar contatos dos diversos sensores e identificar as variáveis do ambiente também reduz o risco de abalroamento ou detecção não intencional, aumentando a eficiência e a segurança das operações.

Além disso, a IA pode aprimorar a realização de análises de "e se", fornecendo simulações detalhadas e previsões precisas sobre o impacto de diferentes linhas de ação. Isso facilita a identificação de pequenas diferenças nos cenários analisados e melhora a compreensão de como proceder em diversas situações, otimizando o replanejamento e aumentando a probabilidade de sucesso.

Ademais, com a evolução da IA para a AGI, capaz de entender, aprender e realizar qualquer tarefa cognitiva que um ser humano possa fazer, a capacidade de raciocínio permitiria aprimorar diversas funções essenciais do sistema de combate do submarino. Essa habilidade da IA Forte possibilitaria a correlação de alvos dos diversos sensores, identificação e classificação de ameaças, gestão das informações e das comunicações com outras unidades e comandos superiores, além do estabelecimento de linhas de ação para a manobra do submarino. Ao superar as capacidades humanas na compreensão geral da operação, possibilitaria obter o melhor posicionamento para o engajamento dos alvos ou para o cumprimento da missão.

4.3 AS ETAPAS DECIDIR E AGIR

Na etapa da Decisão do ciclo OODA, o Comandante do SCAPN precisa escolher a melhor opção entre várias alternativas propostas na etapa anterior e lidar com as consequências dessa escolha. Sobretudo quando há complexidade e estresse nas operações, associados aos riscos envolvidos e ao pouco tempo disponível, frequentemente levando os tomadores de decisão a depender mais do Sistema 1, o que pode resultar em distorções na percepção e falhas significativas. Com a integração da IA, a tomada de decisão se torna mais precisa, rápida e livre de vieses emocionais e cognitivos, reduzindo significativamente os erros humanos e melhorando a capacidade de resposta em situações complexas e estressantes.

A fase da Ação envolve a execução de uma resposta, testando a hipótese escolhida e implementando a linha de ação. A prontidão para agir é fundamental, especialmente ao operar em áreas controladas pelo inimigo, onde o tempo é um fator determinante. A sobrecarga de informações e a falta de uma visão tridimensional precisa do ambiente tornam a formulação de alternativas e a execução das ações ainda mais difíceis, levando a ações inadequadas e inseguras.

A IA pode proporcionar melhorias significativas nessa fase, automatizando muitos aspectos da execução de ações, desde o controle de sistemas de armas até a navegação do submarino. A IA pode criar modelos tridimensionais precisos e dinâmicos do ambiente, permitindo ao comandante obter uma visão mais clara e completa. Além disso, a IA pode ajustar as ações em tempo real com base no feedback contínuo do ambiente. Se uma ação não produzir os resultados esperados, pode rapidamente recalcular e ajustar o curso.

A integração da IA na fase de ação melhora a precisão, a rapidez e a adaptabilidade das respostas executadas pelo submarino. Isso reduz a carga de trabalho do comandante e da tripulação, minimizando a possibilidade de erros humanos. A capacidade da IA de analisar e monitorar continuamente o estado dos equipamentos do submarino e o ambiente tático garante que todos os sistemas estejam prontos para agir a qualquer momento. Isso inclui a detecção precoce de possíveis problemas e a implementação de soluções preventivas, mantendo a iniciativa das ações e aumentando a eficácia das operações.

4.4 INTERAÇÃO DA IA COM O COMANDANTE DO SCAPN NO CICLO OODA

Após analisar a integração da IA em todas as etapas do ciclo OODA do Comandante do SCAPN, fica claro que essa colaboração pode otimizar significativamente a tomada de decisões em cada fase. No entanto, é essencial definir a melhor forma de interação entre o comandante e a tecnologia para aperfeiçoar o processo decisório.

O modelo manual, no qual o comandante e sua equipe coletam, armazenam e analisam todas as informações diretamente, revela-se inadequado até para situações simples. A quantidade de dados e a complexidade do processamento frequentemente superam a capacidade de gerenciamento humano sem o suporte da tecnologia. Isso é particularmente relevante para um SCAPN em operação, que, seja em tempos de paz, crise ou guerra, carrega tecnologia nuclear de grande valor estratégico e está constantemente sujeito a intempéries e a erros humanos.

Por outro lado, o modelo semiautomático se destaca por fornecer um equilíbrio entre o trabalho da IA e o discernimento humano. Nesse modelo, a IA atua como uma valiosa aliada ao ajudar a gerenciar, armazenar e processar informações. Para o Comandante do SCAPN, isso se traduz em obter maior clareza e em recomendações detalhadas a partir dos dados dos sensores, facilitando a análise das opções disponíveis e suas possíveis consequências. Enquanto a IA lida com a parte técnica, oferecendo análises rápidas e precisas, o comandante pode focar na interpretação das recomendações e na escolha das melhores ações, aproveitando seu conhecimento e experiência. Essa colaboração permite um processo de decisão mais eficiente e robusto, no qual a tecnologia oferece suporte técnico e o homem garante a adequação às normas e valores.

No modelo totalmente automatizado, a IA assume o comando completo do ciclo OODA, trazendo uma eficiência impressionante para lidar com grandes volumes de dados e tomar decisões rápidas. Para o Comandante do SCAPN, isso significa sistemas que reagem quase instantaneamente a ameaças e mudanças no ambiente, com base em algoritmos não supervisionados e previsões detalhadas. Essa velocidade pode ser vital em situações de combate intenso, onde a capacidade de resposta rápida faz toda a diferença. No entanto, confiar completamente na IA também

apresenta desafios significativos. Sem a supervisão direta do comandante no processo de decisão da IA, há o risco de que a capacidade humana de decisão possa se deteriorar com o tempo. A ausência de um olhar humano crítico pode levar a decisões que, apesar de rápidas, não capturam totalmente as nuances éticas e culturais da missão.

A IA, embora eficaz em processar dados, não substitui a experiência e o julgamento do comandante, fundamentais em contextos complexos e moralmente sensíveis. Além disso, a dependência total da IA traz riscos, como a vulnerabilidade a ataques cibernéticos, que podem comprometer a operação e levar a decisões erradas. É essencial, mesmo em sistemas altamente automatizados, manter algum nível de supervisão humana para garantir que as decisões estejam alinhadas com os objetivos estratégicos e valores da missão.

4.5 CONCLUSÕES PARCIAIS

A integração da IA no ciclo OODA do submarino traz avanços significativos em todas as suas fases, oferecendo maior precisão, eficiência e aliviando a carga cognitiva. A IA se destaca por processar e analisar grandes volumes de dados com uma velocidade e precisão que superam as capacidades humanas. Utilizando algoritmos avançados, a IA identifica padrões ocultos, prevê cenários futuros e constrói uma visão tridimensional do ambiente, permitindo ao Comandante e sua equipe focar nas informações mais relevantes e tomar decisões mais informadas e oportunas.

Durante a observação, a IA melhora a discriminação de sinais, a identificação de alvos e a interpretação de imagens, reduzindo a sobrecarga mental e aumentando a eficiência. Na etapa de orientação, ela organiza dados rapidamente, identifica padrões e tendências e mantém uma visão abrangente do ambiente, ajudando a gerenciar a complexidade e minimizar riscos. Nas fases de decidir e agir, a IA acelera a tomada de decisões e automatiza a execução de ações, ajustando-as em tempo real com base no feedback recebido.

No entanto, escolher a forma ideal de integrar a IA com o comandante é essencial. O modelo manual, que depende exclusivamente dos humanos, enfrenta

limitações devido à sobrecarga de dados. O modelo semiautomático oferece um equilíbrio eficaz entre a eficiência da IA e o discernimento humano, resultando em decisões mais robustas e alinhadas com os valores e normas. Por outro lado, o modelo totalmente automatizado, apesar de sua eficiência em decisões rápidas, pode carecer de supervisão humana, perdendo nuances importantes e sendo vulnerável a ataques cibernéticos. Portanto, é fundamental encontrar um equilíbrio que combine a agilidade da IA com o julgamento do Comandante do SCAPN, garantindo decisões rápidas, precisas e alinhadas com os objetivos da missão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que as operações navais se tornam cada vez mais complexas e o ambiente internacional se acirra com disputas marítimas intensificadas, é essencial avançar tecnologicamente para manter a superioridade tática no Teatro de Operações. Nesse contexto, a integração da IA no ciclo OODA do Comandante do SCAPN surge como uma solução promissora, trazendo tanto oportunidades valiosas quanto desafios que devem ser enfrentados com cuidado.

A primeira seção justificou a importância do SCAPN no contexto brasileiro e destacou o papel do comandante. Abordou a evolução tecnológica das ameaças e a necessidade de utilizar a IA como ferramenta para auxiliar o decisor. Na segunda seção, discutimos os conceitos de tomada de decisão, ciclo OODA e IA, o que nos ajudou a entender a dificuldade do processo de escolha em ambientes complexos, a importância de cada etapa do ciclo de Boyd e como a inteligência poderia interagir com o homem.

Na terceira seção, as principais características do SCAPN foram apresentadas, assim como os desafios cognitivos enfrentados pelo Comandante do SCAPN, evidenciando as dificuldades que ainda persistem no processo de decisão do comandante, mesmo com a evolução dos equipamentos do submarino. Por último, na quarta seção, analisamos a integração da IA em cada etapa do ciclo OODA como auxílio ao processo de tomada de decisão do Comandante do SCAPN e foram discutidas as possibilidades e limitações das diferentes interações entre o comandante e a máquina, visando identificar a melhor abordagem. Vejamos a seguir o melhor detalhamento das nossas considerações.

O ciclo OODA, que estrutura o processo decisório em etapas de observação, orientação, decisão e ação, é fundamental para a adaptação e sucesso em cenários dinâmicos e desafiadores, como conflitos ou guerras. Incorporar a IA a esse ciclo pode transformar a maneira como as decisões são tomadas a bordo de um SCAPN. Uma das grandes vantagens é a melhoria na consciência situacional, pois a IA pode processar e interpretar rapidamente uma vasta quantidade de dados dos sensores, aliviando a carga cognitiva do comandante e da tripulação. A habilidade da máquina em identificar padrões e tendências a partir de BD permite uma detecção e

classificação mais precisa dos alvos. Isso é especialmente importante para o sonar, um dos principais sensores, que permite ao submarino operar de forma contínua, discreta e segura.

Além disso, a IA pode acelerar a tomada de decisões. Com a capacidade de analisar grandes volumes de dados em tempo real, oferece alternativas e soluções sem os vieses ou influências emocionais que afetam os humanos. Esse aprimoramento na fase de decisão é extremamente valioso em situações de alta pressão e complexidade, pois reduz o risco de erros humanos e automatizando tarefas críticas. Outro benefício é a melhoria da prontidão contínua. A IA pode monitorar o estado dos equipamentos e o ambiente tático em tempo real, garantindo que os sistemas estejam sempre prontos para agir e aumentando a capacidade de resposta a ameaças e mudanças no cenário tático.

No entanto, é importante estar ciente dos desafios associados à implementação da IA. O uso de modelos de IA, muitas vezes descritos como "caixas-pretas", pode levantar questões sobre a confiança e a compreensão dos resultados. A dependência excessiva da IA pode afetar as habilidades humanas de tomar decisões, especialmente em situações críticas em que a tecnologia pode falhar. Além disso, a vulnerabilidade da IA a ataques cibernéticos, como a manipulação de dados, destaca os riscos de segurança associados à automação na tomada de decisões militares.

Portanto, a melhor abordagem para integrar a IA e o Comandante do SCAPN é encontrar um equilíbrio entre a máquina e o humano. A tomada de decisão conjunta, na qual ambos trabalham por meio de ciclos iterativos e comunicação contínua, pode melhorar a eficácia do ciclo OODA. Incluir a supervisão do comandante ou de alguém da equipe no processamento da IA ajuda a interpretar as informações de forma mais sensível e contextualizada, de acordo com a cultura e as tradições. Ter uma automação transparente melhora a compreensão do que está sendo executado pela IA e fortalece a confiança, promovendo uma dependência equilibrada.

Assim, ao final deste estudo, respondemos à questão de pesquisa, destacando, em primeiro lugar, que o ciclo OODA pode ser efetivamente utilizado para estruturar o processo de tomada de decisão em operações táticas. Em segundo lugar, observamos que, quanto maior a complexidade da operação, mais valiosa a IA se torna para otimizar a tomada de decisão. Por fim, consideramos que a integração da

IA no ciclo OODA é uma ferramenta que aprimora a decisão do Comandante do SCAPN.

No entanto, além dessas considerações, a pesquisa sugere que a figura do Comandante do SCAPN é essencial para uma interação adequada com a IA. Futuras pesquisas podem, portanto, focar na adaptação contínua dos sistemas de IA para contextos específicos e na criação de protocolos de segurança robustos para proteger contra vulnerabilidades cibernéticas. Também será fundamental desenvolver diretrizes éticas claras para assegurar que a tomada de decisão, mesmo com o suporte da IA, continue alinhada com os valores e princípios humanitários.

Esta linha de pesquisa em estudos estratégicos, desenvolvida a partir de uma perspectiva voltada para os interesses da sociedade brasileira, garantirá que a IA se torne uma ferramenta cada vez mais eficaz e segura no apoio às operações militares, promovendo a convergência de esforços entre militares, acadêmicos e outros especialistas relevantes para a segurança e defesa do nosso país.

REFERÊNCIAS

ANNABATTULA, Jawahar; RAO, Sanagapallea K.; MURTHY, Sampath D.; SRIKANTH, K. S.; DAS, Rudra P. **Multi-Sensor Submarine Surveillance System using MGBEKF**. Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(35), 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/294107053_Multi-sensor_submarine_surveillance_system_using_MGBEKF>. Acesso em: 02 jun. 2024.

AMERICAN SECURITY PROJECT. **Hyperwar: How militarized AI is transforming the decision-making loop**. 2021 Disponível em: <<https://www.americansecurityproject.org/hyperwar-how-militarized-ai-is-transforming-the-decision-making-loop/>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

BARON, Robert S. **Distraction-conflict theory: Progress and problems in Advances in Experimental Social Psychology**. St.Louis, Elsevier. 1986, p. 1-39.

BENEDICT, J. R. **Future undersea warfare perspectives**. Johns Hopkins Apl Technical Digest, Volume 21, Number 2. 2000. Disponível em: <<https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/content/techdigest/pdf/V21-N02/21-02-Benedict.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2024.

BENNETT, N.; LEMOINE, G. J. **What a difference a word makes: Understanding threats to performance in a VUCA world**. Business horizons, v. 57, n. 3, p. 311–317. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/260313997_What_a_difference_a_word_makes_Understanding_threats_to_performance_in_a_VUCA_world>. Acesso em: 24 jun. 2024.

BLAHA, Leslie M. **Interactive OODA processes for operational joint human-machine intelligence**. NATO IST-160 Specialist's Meeting: Big Data and Military Decision Making. Bordeaux, France. 2018.

BOSCH, Karel; BRONKHORST, Adelbert. **Human-ai cooperation to benefit military decision making**. STO-MP-IST-160. NATO, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/325718292_Human-AI_Cooperation_to_Benefit_Military_Decision_Making>. Acesso em: 24 jun. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado Maior da Armada. **EMA-305 – Doutrina Militar Naval**. Brasília, 2017.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Política Naval**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/politicanaval>>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020. Decreto Legislativo nº 61, de 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Glossário Militar-Naval**. 2024. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/agenciadenoticias/glossario-militar-naval>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

BREITINGER, André R.; CLUA, E.; FERNANDES, L. **An Augmented Reality Periscope for Submarines with Extended Visual Classification**. *Sensors* 2021, 21, 7624. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/s21227624>>. Acesso em: 02 jun. 2024.

BROWN, T.B.; MANÉ, D.; ROY, A., ABADI; M.; GILMER, J. **Adversarial Patch**. 2017. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1712.09665>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

CARPENTER, B. E.; DORAN R. W. **The other Turing machine**. London: The Computer Journal, 1977, Vol. 20 (3), p. 269–279. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/comjnl/20.3.269>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

CERRI, R.; CARVALHO, A. C. **Aprendizado de máquina: breve introdução e aplicações**. Cadernos de Ciencia e Tecnologia, v. 34, n. 3, p. 297-313, 2017. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26381>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

COHEN, Paul. **The Future of the Submarine**. *Foreign Affairs*. Out. 1959, v. 38, n. 1, p. 110-120. Disponível em: <<https://www.foreignaffairs.com/articles/oceans-seas/1959-10-01/future-submarine>>. Acesso em 01 jun. 2024.

COMITÉ INTERNACIONAL DA CRUZ VERMELHA. **Protocolo Adicional às Convenções de Genebra de 12 de agosto de 1949, relativo à proteção das vítimas dos conflitos armados internacionais (Protocolo I)**. Genebra, 1977. Disponível em: <<https://ihl-databases.icrc.org/applic/ihl/ihl.nsf/Treaty.xsp?action=openDocument&documentId=AA0C5BCBAB5C4A85C12563CD002D6C5E>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

CONFERÊNCIA DE DIREITOS DOS COLÉGIOS DE DEFESA IBERO-AMERICANOS. Rio de Janeiro; SILVA, Maria Célia Barbosa Reis da. **Cibersegurança, inteligência artificial e novas tecnologias na área da defesa**. Rio de Janeiro: ESG, 2022. 362 p.

COUTAU-BÉGARIE, Hervé. **Tratado de Estratégia**. Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 2010. 776 p.

CUMMINGS, M. **Artificial intelligence and the future of warfare**. Research Paper of the Royal Institute of International Affairs, n. 208223. 2017. Disponível em: <<https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/publications/research/2017-01-26-artificial-intelligence-future-warfare-cummings-final.pdf>>. Acesso em 23 jun. 2024.

DASH, Debasis. **Autonomy and Artificial Intelligence: The Future Ingredient of Area Denial Strategy in Land Warfare**. New Dehli: Kw Publishers, 2018. 31 p.

DAVIS, Zachary S. **Artificial Intelligence on the Battlefield: An Initial Survey of Potential Implications for Deterrence, Stability, and Strategic Surprise**.

Livermore: Lawrence Livermore National Laboratory, 2019. 20 p.

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. **ACE Program's AI Agents Transition from Simulation to Live Flight**. 2023. Disponível em:

<<https://www.darpa.mil/news-events/2023-02-13>>. Acesso em: 31 mai. 2024.

DOMINGUEZ, C.; LONG, W. G.; MILLER, T. E.; WIGGINS, S. L. **Design directions for support of submarine commanding officer decision making**. In Proceedings of 2006 Undersea HSI Symposium: Research, Acquisition and the Warrior (pp. 6-8). June 6-8, 2006, Mystic, CT, USA. Disponível em:

<<https://www.semanticscholar.org/paper/ARA-Design-Directions-for-Support-of-Submarine-Dominguez-Long/1e1b088a7eab2634948056dee77ba535f3176df0>>. Acesso em: 31 mai. 2024.

DRUZDZEL, M. J.; FLYNN, R. R. **Decision Support Systems**. Encyclopedia of Library and Information Science 2nd Edition, 2002, Disponível em:

<<https://www.pitt.edu/~druzdzel/psfiles/dss.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **Heurística**. 2024a. Disponível em:

<<https://www.britannica.com/topic/heuristic-reasoning>>. Acesso em: 28 mar. 2024.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **Signal-to-noise ratio**. 2024b. Disponível em:

<<https://www.britannica.com/topic/signal-to-noise-ratio>>. Acesso em: 21 jul. 2024.

ETTENSON, R.; SHANTEAU, J.; KROGSTAD, J. **Expert Judgment: Is More Information Better?**. Psychological Reports, 60(1): 227-238. 1987. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/232493736_Expert_Judgment_Is_More_Information_Better>. Acesso em 02 jun. 2024.

ESTADOS UNIDOS DA AMERICA. Executive Office Of The President Of The USA. **Preparing for The Future of Artificial Intelligence**. Washington, Dc: National Science And Technology Council, 2016. 48 p. Organized by Office of Science and Technology Policy.

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval**. 7 ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2005. Disponível em:

<https://www.academia.edu/40595427/MAUR%C3%8DLIO_M_FONSECA_ARTE_NAVAL_Volume_I_7_a_edi%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 23 jun. 2024.

FRIEDMAN, Norman. **Submarine Design and Development**. Conway Maritime Press Ltd, 1984.

GIMSE, Hakon. **Classification of Marine Vessels using Sonar Data and a Neural Network**. 2017. Disponível em: < https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2453247/16334_FULLTEXT.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 jun. 2024.

GOMES, Luiz. F. A. M.; GOMES, Carlos. F. S. **Princípios e métodos para tomada de decisão: enfoque multicritério**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GRAY, M.; ERTAN, A. **Artificial Intelligence and Autonomy in the Military: An Overview of NATO Member States, Strategies and Deployment**. Tallin: NATO Cooperative Cyber Defense Centre of Excellence (CCDCOE), p. 34, 2021.

GROOMS, Geoffrey B. **Artificial Intelligence applications for automated battle management aids in future military endeavors**. 2019. Disponível em: <<https://calhoun.nps.edu/handle/10945/62722>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, G.J. **Introduction to operations research**. 3 ed. San Francisco: Holden Day, 1980.

HOLLAND, J.; WILLIAM, J. **Globalization under the Sea**. In: TANGREDI, S. J. Globalization and Maritime Power. Washington: National Defense University – Institute of National Strategic Studies, 2002.

HOROWITZ, M. **Artificial intelligence, international competition and the balance of power**. Texas National Security Review 1 (3): 36-57. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.15781/T2639KP49>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

HICKS, Jeffrey D.; MYERS, Gregory J.; STOYEN, Alexander D.; ZHU, Qiuming, **Intelligent Agent-Based Software Architecture for Tactical Decision Aid under Overwhelming Information Inflow and Uncertainty**. 2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278005827_Intelligent_Agent-Based_Software_Architecture_for_Tactical_Decision_Aid_under_Overwhelming_Information_Inflow_and_Uncertainty>. Acesso em 02 mar. 2024.

IBM. **O que é rotulagem de dados?**. 2024. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/topics/data-labeling>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

JOHNSON, B.; GREEN, J.; CANFIELD, W. 2001. **Gaining Naval Battlespace through Automation**. Paper presented at the 2001 National Fire Control Symposium. Lihue, HI, August 12–30. Disponível em: <<https://cdn.aaai.org/ocs/16032/16032-69886-1-PB.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2024

KAHNEMAN, Daniel. **Rápido e devagar: duas formas de pensar**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012. 607p.

KAUFMAN, B. E. **Emotional arousal as a source of bounded rationality**. Journal of Economics Behaviour and Organization, n. 38(2), p. 135-144, 1999.

KELLY, Mark. **The OODA loop (observe, orient, decide, act): Applying military strategy to high risk decision making and operational learning processes for on-snow practitioners**. Proceedings, International Snow Science Workshop, 2014. Disponível em: <https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW14_paper_P3.45.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2024.

KNIGHT, W. **A Dogfight Renews Concerns About AI's Lethal Potential**. San Francisco-CA: Wired, Conde Nast, August 25, 2020. Disponível em: <<https://www.wired.com/story/dogfight-renews-concerns-ai-lethal-potential/>>. Acesso em: 03 abr. 2024.

LAYTON, Peter. **Algorithmic Warfare: Applying Artificial Intelligence to Warfighting**. Canberra: Air Power Development Centre, 2018. 76 p.

LE CUN, Yan. **Quand la machine apprend**. Paris: Odile Jacob, 2019. E-book. 394 p.

LOBO, Tadeu. M. O. C. **Acidentes com Submarinos**. O Periscópio. 2015. n. 67.

LOBO, Tadeu. M. O. C. **O Submarino Convencional: Evolução e Operação no Século XXI**. 2006. 28 f. Monografia (Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2006.

LOBO, Tadeu. M. O. C. **Submarino de propulsão nuclear de ataque brasileiro: emprego e possibilidades**. 2017. Tese (Curso de Política e Estratégia Marítimas) - Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2017.

LUIS, C. C. R. **O Poder Naval na Construção do Poder Marítimo Brasileiro**. Revista Brasileira De Estudos De Defesa, 2(1). 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.26792/rbed.v2n1.2015.55275>>. Acesso em: 24 jun. 2024.

OBSERVER RESEARCH FOUNDATION. **How China aims to augment its military strength using AI**. 2021. Disponível em: <<https://www.orfonline.org/expert-speak/how-china-aims-to-augment-its-military-strength-using-ai/#:~:text=Outlining its strategy for the development of AI%2C,military deductions %5Biii%5D%2C defence equipment%2C and other applications>>. Acesso em: 03 abr. 2024.

PATE, L.B.; HEIMAN, D.C. **A Test of the Vroom-Yetton Decision Model in Seven Field Settings**. 1987. Personnel Review, Vol. 16 No. 2, pp. 22-26. <https://doi.org/10.1108/eb055559>. Disponível em: <<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/eb055559/full/html>>. Acesso em: 24 jun. 2024.

SEGAL, E. **AI Applications in Cybersecurity with Real-Life Examples**. CarlsbadCA: AltexSoft, June 02, 2020. Disponível em: <<https://www.altexsoft.com/blog/aicybersecurity/>>. Acesso em: 03 abr. 2024.

SPIEGELEIRE, Stephan; MAAS, Matthijs; SWEIJS, Tim. **Artificial Intelligence and The Future of Defence**. 1st ed. Hague, Netherlands: The Hague Centre of Strategic Studies. 2017, pp.12–13. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316983844_Artificial_Intelligence_and_the_Future_of_Defense>. Acesso em: 24 jun. 2024.

VEGO, M. **A Balancing Act: The Shortfall of Nuclear-Powered Submarines Can Be Mitigated With Conventional Subs**. Armed Forces Journal. Springfield, VA, v. 146, n. 7, p. 30-38, 2009. Disponível em: <<http://armedforcesjournal.com/a-balancing-act/>>. Acesso em 01 jun. 2024.

ZAIDI, Ifti; BELLAK, Blanka. **Leadership Development for International Crises Management: The Whole Person Approach**. Journal of Peacebuilding & Development, v. 14, n. 3, p. 256-271, 2019. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1542316619864909>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

ZHAO, Y., KENDALL, T.; JOHNSON, B. **Big Data and Deep Analytics Applied to the Common Tactical Air Picture (CTAP) and Combat Identification (CID)**. 2016. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/81223774.pdf>> Acesso em: 14 abr. 2024.