

A Influência da Logística 4.0 na Gestão do Ciclo de Vida das Fragatas Classe "Niterói"

Autoria: C-ApA-IM 2024 – DabM/CopAb – 28

RESUMO

Na gestão do ciclo de vida (GCV) dos meios navais da Marinha do Brasil, a Logística 4.0 pode se configurar como uma das bases para a melhora do nível de prontidão de seus meios. Este estudo tem como objetivo entender como a implementação das ferramentas da Logística 4.0 pode impactar a Gestão do Ciclo de Vida, utilizando o Método de Análise Hierárquica (AHP) para encontrar qual dessas ferramentas que melhor se adapta às necessidades das Fragatas Classe "Niterói" tendo em vista o longo período na ativa e, possivelmente, a proximidade do fim de suas vidas úteis. Um aspecto crucial abordado no método AHP é a Disponibilidade Operacional, uma das principais metas do Planejamento Estratégico da Marinha (PEM). Nesse cenário, a ferramenta que se mostrou mais inovadora é a Internet das Coisas (IoT), sendo capaz de melhorar a GCV dos Meios Navais e conseguir antecipar possíveis falhas nos equipamentos, diminuindo o tempo de inoperabilidade dos meios para a realização de manutenções corretivas. Além disso, as ferramentas de análise têm um papel importante na Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Defesa de maneira geral, ajudando a otimizar os resultados operacionais.

Palavras-Chave: Ciclo de Vida; Logística 4.0; Fragatas Classe Niterói; Análise Hierárquica (AHP); Internet das Coisas (IoT).

1 INTRODUÇÃO

No mundo atual, gerenciar eficientemente o ciclo de vida dos ativos é essencial, e com o avanço rápido das tecnologias e a necessidade de otimização de recursos, é fundamental conhecer inovações que possam trazer benefícios à gestão desses ativos, especialmente combinando tendências modernas com equipamentos relativamente antigos. Este estudo busca investigar questões práticas ligadas à operação de meios navais da Marinha do Brasil.

A pesquisa combina dois elementos importantes para a gestão logística moderna, o Ciclo de Vida dos Ativos e a Logística 4.0. O primeiro tem foco na gestão integral dos ativos, melhorando seu uso e manutenção, enquanto o segundo, com a integração de tecnologias digitais, aumenta a eficiência operacional, e juntas, essas abordagens visam melhorar o desempenho e estender, no presente estudo, a vida útil dos meios navais em questão.

Este trabalho analisa como a Logística 4.0 pode ser aplicada à Gestão do Ciclo de Vida (GCV) das Fragatas Classe "Niterói" (FCN), ressaltando sua importância para a Marinha do Brasil. Um dos Objetivos Navais estabelecidos no Planejamento Estratégico da Marinha (PEM-2040) é "Obter a Capacidade Operacional plena" de todos os seus meios, elevando a GCV a um papel central nas estratégias nacionais (BRASIL, 2020a).

A Logística 4.0 se destaca como um fator modificador nesse cenário. A pesquisa se concentra nas fases de Operação e Apoio das Fragatas Classe

“Niterói”, que são cruciais não só para manter a prontidão operacional dos Meios, mas também para aprimorar a eficiência, reduzir custos logísticos e aumentar a confiabilidade, já que essas etapas são fundamentais para a continuidade das operações (DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY, 2010). Durante essas fases, as Fragatas atuam ativamente, desempenhando funções estratégicas que demandam suporte logístico constante.

Este estudo é oportuno, pois explora o impacto das tecnologias emergentes na gestão naval dessa classe de navios, com o objetivo de otimizar os recursos públicos, tendo em vista os cortes orçamentários que com o tempo vai diminuindo a capacidade de manutenção dos Meios Navais. A pesquisa propõe uma metodologia baseada no Processo Hierárquico Analítico (AHP) de Saaty (1980), oferecendo uma base concreta para avaliação e tomada de decisões em um contexto multifacetado.

O trabalho se concentrará nas tecnologias e práticas da Logística 4.0 aplicáveis à GCV das Fragatas Classe “Niterói”, conforme descrito no Manual de Boas Práticas de Gestão do Ciclo de Vida (MD40-M-01-2020), abordando inovações como Manufatura Aditiva, Big Data e Internet das Coisas (IoT), com o objetivo de identificar potenciais tecnologias que possam ser implementadas pela Marinha do Brasil.

Embora a pesquisa foque na gestão naval das Fragatas Classe Niterói, suas descobertas podem oferecer ideias e analogias valiosas para a GCV em diversos sistemas e meios, tanto na MB quanto em outras Organizações. Para isso, será adotada uma abordagem metodológica que inclui Pesquisa Bibliográfica, Documental e de Campo, com fontes primárias e secundárias.

Assim, o objetivo principal deste trabalho é analisar como a Logística 4.0 pode influenciar a Gestão do Ciclo de Vida das Fragatas Classe “Niterói” na Marinha do Brasil. Para alcançar esse objetivo geral, os objetivos específicos são:

- a) Apresentar os conceitos de Gestão do Ciclo de Vida e Logística 4.0;
- b) Descrever as particularidades e o uso das Fragatas Classe “Niterói”;
- c) Avaliar a viabilidade de aderência das ferramentas da Logística 4.0 na Marinha do Brasil;
- d) Examinar os possíveis impactos nas operações da “FCN”, apoio logístico e manutenções; e
- e) Aplicação do método AHP para decisão de qual é a ferramenta da Logística 4.0 que melhor se adapta a GCV das Fragatas.

A pesquisa tem como foco principal a análise das práticas e tecnologias empregadas e não irá se ater as questões financeiras e custos de implementação das tecnologias logísticas citadas. Além disso, a pesquisa lidará com informações confidenciais, dado o caráter estratégico do programa da Marinha do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme aponta Vergara (2016), o referencial teórico tem como objetivo apresentar as pesquisas realizadas por outros estudiosos, abordando o tema de maneira ampla e também concentrando-se nas questões específicas que estão sendo investigadas. Essa tarefa envolve uma revisão da literatura existente, que não só abrange as teorias e suas análises, mas também inclui os estudos que servem como base para a pesquisa.

Assim, serão esclarecidos os principais conceitos teóricos que se relacionam à Gestão do Ciclo de Vida, Indústria 4.0, Logística 4.0, Internet das Coisas (IoT), Big Data, Manufatura Aditiva, Fragatas Classe “Niterói”, Sistema de Abastecimento da Marinha e o Método Multicritério de Apoio à Decisão (MMAD).

2.1 Indústria 4.0

Segundo Sachon (2017), a primeira Revolução Industrial representou a introdução da mecanização, substituindo o trabalho manual pelo uso de vapor, o que impulsionou o comércio e trouxe grandes benefícios para a indústria têxtil. Já a segunda Revolução Industrial foi marcada por inovações como o uso da eletricidade, a padronização e a adoção de sistemas de produção em massa, exemplificada pela linha de montagem criada por Henry Ford, que permitiu a fabricação competitiva de produtos de alta qualidade (MAXIMIANO, 2009). A terceira Revolução, conforme apontam Santos e Belém (2018), destacou-se pela integração de máquinas e robótica nos processos de produção, transformando a dinâmica do trabalho e estimulando a busca por conhecimento e aprimoramento contínuo.

No início do século XXI, a chamada quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, trouxe uma nova configuração para os paradigmas de produção global, conforme apontado por Sachon (2017). O termo "Indústria 4.0" surgiu na Feira de Hanôver, a principal feira industrial da Alemanha, em 2011, como explica Gomes (2016). Nesse cenário, foi estabelecido um novo paradigma produtivo, impulsionado por avanços tecnológicos significativos, que resultaram em linhas de produção economicamente viáveis e mais eficientes. Para Gomes (2016), essa mudança marca um ponto crucial na evolução da indústria moderna, alterando a interconexão entre máquinas e sistemas e os processos produtivos.

De acordo com Fischer (2016), a Indústria 4.0 tem como objetivo principal aumentar a autonomia das empresas, permitindo que elas se antecipem e se ajustem a situações inesperadas, como quebras de equipamentos ou variações na demanda. Para o autor, isso representa uma mudança significativa na forma como as indústrias gerenciam suas operações.

Em um espaço de tempo relativamente curto, emergiu o que hoje conhecemos como a Quarta Revolução Industrial. Essa fase é marcada pela combinação da produção em massa com a personalização, impulsionada por tecnologias inovadoras como Big Data, robótica, Internet das Coisas (IoT), realidade aumentada, e inteligência artificial (FAUSTINO, 2016).

Segundo Corrêa (2019), três aspectos se destacam nesse cenário. Primeiro, temos um novo nível de organização e supervisão que abrange toda a cadeia de suprimentos ao longo do ciclo de vida dos produtos. Em segundo lugar, a disponibilidade imediata de informações relevantes se torna evidente, resultado da conexão entre todos os processos e partes interessadas que contribuem para a criação de valor. Por último, observamos o surgimento de cadeias de suprimento que são otimizadas e monitoradas em tempo real, graças a uma infraestrutura digital integrada.

Wang (2016) complementa essa visão ao afirmar que as tecnologias da Indústria 4.0 estão evoluindo para oferecer suporte logístico, levando ao surgimento do conceito de "Logística 4.0".

2.2 Gestão do Ciclo de Vida

O conceito de Ciclo de Vida se originou na norma ISO/IEC/IEEE 15288:2023, que aborda a engenharia de sistemas e software, estabelecendo diretrizes para os processos ao longo do ciclo de vida dos sistemas.

Segundo o MD40-M-01, o Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (BRASIL, 2020b), a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Defesa (GCVSD) é entendida como uma cultura de governança organizacional. O manual enfatiza que essa abordagem deve ser aplicada em todas as fases do ciclo de vida, que incluem desde a concepção e desenvolvimento até a produção, operação, suporte e desativação. O principal objetivo é melhorar as capacidades dos Sistemas de Defesa, levando em conta fatores como qualidade, desempenho, custos, e segurança.

Além disso, a Lei nº 12.598, de 21 de março de 2012, define o Produto de Defesa como qualquer obra, serviço, bem ou informação utilizada nas operações de defesa. Essa legislação também descreve o Sistema de Defesa como um conjunto interconectado ou interativo de Produtos de Defesa, destinado a uma finalidade específica (BRASIL, 2012).

De acordo com Gomes (2021), a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Defesa (GCVSD) é um conceito relativamente recente que busca melhorar o desenvolvimento e a aquisição de produtos complexos. Essa abordagem permite uma gestão eficiente em todas as fases do ciclo de vida, desde a concepção até a desativação ao final de sua utilidade. O foco principal é aumentar a eficiência operacional do produto, garantindo que os custos sejam controlados e otimizados (GOMES, 2021).

Conforme destaca Souza (2022), o foco principal da Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa é aprimorar a disponibilidade e operacionalidade desses sistemas durante todas as suas fases. Além disso, essa gestão é crucial para oferecer uma previsão mais precisa dos custos, o que ajuda a embasar as decisões sobre aquisição e suporte logístico, fundamentando-se em informações técnicas robustas (SOUZA, 2022).

De acordo com Jones et al. (2014), durante o ciclo de vida, a fase de alternância entre manutenção e operação, que abrange as etapas de Apoio e Operação, é particularmente importante em termos de objetivos, investimentos e duração, alertando que é um erro acreditar que os custos de aquisição são os mais significativos ao longo do ciclo de vida. Na verdade, existe um consenso de que cerca de 70% das despesas ocorrem nas fases de operação e apoio (JONES et al., 2014).

A abordagem supracitada requer que a Marinha do Brasil tenha acesso a uma base abrangente de informações e conhecimentos, tanto implícitos quanto explícitos, que cubra diversas atividades e processos, incluindo os ligados à tecnologia e à logística (MOURA, 2022). As fases de Apoio e Operação são detalhadas, conforme estipulado no Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (BRASIL, 2020b):

2.3 Logística 4.0

Segundo Ballou (2006), a logística abrange uma série de atividades e áreas dentro de uma empresa, garantindo que os produtos fluam de maneira eficiente desde a compra da matéria-prima até a entrega ao cliente final. O principal objetivo dessa coordenação é oferecer um serviço que supere as expectativas dos consumidores, e com foco em reduzir custos. Assim, a logística se torna um elemento essencial para melhorar a competitividade perante seus concorrentes e consequentemente alcançar o sucesso da organização (BALLOU, 2006).

Wang (2016) aponta que a logística passou por três transformações significativas ao longo de sua história, todas ligadas às Revoluções Industriais. A primeira delas, chamada de Logística 1.0, surgiu com a mecanização do transporte no final do século XIX e início do século XX. Em seguida, na década de 1960, a Logística 2.0 fez sua entrada com a automação dos processos de produção, destacando-se pela otimização das linhas de produção em larga escala. A terceira fase, conhecida como Logística 3.0, começou a tomar forma nos anos 1980 com o avanço dos sistemas de gestão logística. Hoje, estamos testemunhando o surgimento da Logística 4.0, que é a quarta inovação nesse campo (WANG, 2016).

Silva e Kawakame (2019) enfatizam que a Indústria 4.0 demanda um setor logístico mais sofisticado e eficiente para atender às exigências desse novo modelo de produção. Para os autores, a Logística 4.0 representa uma nova fase na gestão logística, marcada pela interconexão total entre sistemas e informações. Essa integração resulta em melhorias notáveis na rapidez, redução de custos, eficiência e acesso a informações. Além disso, segundo Silva e Kawakame (2019), essa abordagem permite que decisões sejam tomadas com base em dados concretos, beneficiando todos os envolvidos, desde fornecedores até clientes finais, e aumentando a competitividade no mercado global.

De acordo com Wang (2016), a Logística 4.0 desempenha um papel fundamental em sistemas inteligentes interconectados, focando na autogestão, integração e integridade, que são pilares da Indústria 4.0. Essa nova abordagem se destaca por várias características, como a identificação automática de produtos, detecção inteligente por meio de sensores, o rastreamento em tempo real, redes sem fio e uma impressionante capacidade de análise de dados, além de uma forte orientação para um modelo comercial baseado em serviços (WANG, 2016).

2.3.1 Manufatura Aditiva

Segundo Volpato (2021), a manufatura aditiva, mais conhecida como impressão 3D, é um método de fabricação que cria objetos tridimensionais a partir de um modelo digital. Essa técnica funciona por meio da adição gradual de materiais, como plásticos, metais, resinas, cerâmica, compostos de fibra entre outros, camada por camada, sob o controle de um sistema computacional. Santos e Figueiredo Belém (2018) explicam que esse tipo de produção envolve um conjunto de tecnologias que transformam dados de projetos digitais em objetos físicos. Para esses autores, essas tecnologias vão além da simples criação de modelos; elas também permitem a produção final dos produtos.

Corrêa (2019) observa que a crescente adoção da impressão 3D está provocando mudanças significativas nas dinâmicas das cadeias de suprimento. Ele

argumenta que a personalização na produção e no design está alterando o ponto de desacoplamento, movendo o foco das cadeias de abastecimento de um modelo tradicional em que focava em ter um estoque elevado, para atender as características variáveis dos produtos, para um novo paradigma de produção focado em produtos sob encomenda, com suas particularidades produzidas após a concepção do pedido, diminuindo o valor do estoque. Essa transição resulta em uma considerável diminuição no tempo necessário para distribuir os produtos e conseqüentemente em possíveis cortes de custos de estoque.

2.3.2 Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT), ou Internet of Things, oferece uma visão revolucionária da internet, ampliando seu alcance para incluir não apenas dispositivos tradicionais, mas também os objetos do nosso dia a dia (FACCIONI FILHO, 2015).

Essa tecnologia possibilita uma ampla gama de aplicações, incluindo telemetria, que envolve a coleta de dados em diferentes locais. Ela permite a interação direta com diversos objetos, a comunicação em rede entre eles e a conexão entre objetos e pessoas, seja de forma intencional ou quase invisível (FACCIONI FILHO, 2016).

De acordo com Corrêa (2019), a Internet das Coisas (IoT) refere-se a uma rede de dispositivos físicos, como máquinas, veículos e vários componentes, que têm a habilidade de se conectar à internet. Isso inclui uma combinação de sensores, softwares, sistemas de sincronização e atuadores, que permitem a esses dispositivos coletar e compartilhar dados, tanto entre eles quanto com outros participantes da cadeia de suprimentos (CORRÊA, 2019).

Segundo Nassar e Vieira (2014), a Internet das Coisas, com sua vasta rede de conexões, assim como a tecnologia de Identificação por Rádio Frequência (RFID), possibilita o acompanhamento do trajeto de um item desde sua origem até a entrega final. Essa tecnologia não apenas identifica possíveis atrasos, mas também oferece diversas outras funcionalidades, proporcionando maior transparência ao cliente durante todo o processo. Essa transparência se traduz em um valor percebido pelo consumidor, o que, por sua vez, auxilia na gestão de riscos — um aspecto frequentemente discutido no contexto do monitoramento logístico (NASSAR; VIEIRA, 2014).

De acordo com Faccioni Filho (2016), a Internet das Coisas (IoT) está intimamente relacionada a um conceito conhecido como Big Data, que remete ao início do universo, o Big Bang. Assim como o cosmos se expande de maneira incompreensível, uma quantidade imensa de dados é constantemente gerada e coletada por diversos objetos e sistemas. Isso resulta em uma interação quase infinita. Para o autor, tal cenário gera um volume de informações que requer uma enorme capacidade de armazenamento e processamento, além de demandar baixa latência e disponibilidade constante.

2.3.3 Big Data

Segundo Russo (2011), a Análise Avançada de Big Data (Big Data Analytics – BDA) envolve o processamento complexo de grandes volumes de dados. O autor

ressalta que o conceito de "Big Data" vai além da quantidade de informações, englobando três aspectos fundamentais: Volume, velocidade (crucial para decisões rápidas) e variedade (que se refere às diferentes formas em que os dados podem ser apresentados). Assim, o BDA melhora a análise de complexos conjuntos de dados utilizando ferramentas de mineração e técnicas estatísticas (RUSSOM, 2011).

Zhang (2016) complementa afirmando que a implementação de tecnologias de informação, aliada ao conhecimento avançado das empresas e suas cadeias de suprimento, resulta em um acúmulo significativo de dados relacionados à produção. Esse processo abrange várias etapas, desde a pesquisa e desenvolvimento até o descarte final dos produtos, envolvendo diversos agentes ao longo do caminho (ZHANG, 2016).

De acordo com a pesquisa de Rossman et al. (2017), a utilização da Análise de Big Data na logística tem despertado um interesse crescente, e os resultados obtidos indicam um grande potencial para melhoria na gestão de cadeias de suprimentos.

Wang et al. (2016) destacam a importância da Análise de Big Data no setor logístico, ressaltando seu impacto nas operações da cadeia de abastecimento, que incluem o planejamento da demanda, aquisição, produção e gestão de estoques. Os autores também mencionam que a pesquisa se concentra em dados relacionados à manutenção de equipamentos, comportamento dos consumidores, redução de custos e tendências de mercado.

2.4 Fragatas Classe “Niterói”

A Marinha do Brasil incorporou, em 20 de novembro de 1976, a Fragata “Niterói”(F-40) à sua Armada, a primeira de seis embarcações irmãs que ao decorrer dos anos seguintes, iriam compor a mesma classe de navio batizada com o nome da sua primeira belonave. Nos anos seguintes foram sendo incorporadas as demais Fragatas: Em 1977 a Fragata “Defensora” (F-41), em 1978 as Fragatas “Constituição” (F-42) e “Liberal” (F-43), em 1979 a Fragata “Independência” (F-44) e por fim, em 1980 a Fragata “União” (F-45). As quatro primeiras nos estaleiros britânicos da Vosper e as duas últimas construídas no Arsenal da Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ). De acordo com o Programa de Renovação e Ampliação de Meios Flutuantes da Marinha na década de 80, a classe de navios foi considerada um grande marco de avanço tecnológico em termos de manutenção e combate.

Com suas inovações notáveis para a época, os armamentos da classe eram 1 reparo singelo do canhão Vickers Mk 8 de 4.5 polegadas/55 calibres (114mm); 2 reparos singelos do canhão Bofors L/70 de 40 mm; 1 lançador de mísseis anti-submarinos Ikara; 2 lançadores triplos de mísseis antiaéreos de defesa de ponto Sea Cat; um morteiro duplo de foguetes SR-375 BOROC de 375mm, 2 lançadores triplos STWS Mk 1 de torpedos A/S de 324mm, 2 lançadores de foguetes Schermully e 2 lançadores de foguetes iluminativos Rocket Flare. Com a sua propulsão CODOG (Combined Diesel or Gas) com 2 turbinas a gás Rolls-Royce Olympus TM3B 28.000 shp cada; 4 motores MTU 16V956 TB91 de 3.940 bhp cada, acoplados a dois eixos e dois hélices Escher-Wyss passo variável, essas belonaves conseguem alcançar a velocidade de 30,5 nós.

Com o passar dos anos, algumas tecnologias tornavam-se cada vez mais obsoletas, gerando a necessidade de uma reformulação em várias áreas das

Fragatas Classe “Niterói”, e com isso o projeto ModFrag surgiu, com o objetivo de substituir e modernizar boa parte do navio, e em 1º de outubro de 1997, a Fragata Liberal (F-43), a primeira FCN a receber a ModFrag, iniciou ser processo de docagem, e devido a algumas dificuldades de adequação de sistemas, os primeiros testes no mar só ocorreram em 2001. Foram inúmeras modificações, como armamentos, radares, sensores, propulsão entre outros.

Com mais de 40 anos na ativa e cerca de 20 anos depois de sua grande atualização tecnológica, as FCN voltam a estar desatualizadas em alguns aspectos, e tendo em vista o fato de serem navios antigos e com a chegada das Fragatas Classe “Tamandaré”, outro projeto do tamanho da ModFrag parece inviável, porém a vida útil desses navios pode ser prolongada com o uso de tecnologias presentes na Logística 4.0, mantendo por mais tempo as operações de escolta e salvaguarda do mar.

2.5 Sistema de Abastecimento da Marinha do Brasil

De acordo com Ballou (2017), a logística é entendida como um processo integrado que envolve o planejamento estratégico, a execução operacional e o acompanhamento contínuo do fluxo de materiais, serviços e informações, desde sua origem até o consumidor final. Para o autor, o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) é um conceito ainda mais amplo, que conecta a logística a diversas outras áreas, como produção, marketing, especialização, aquisições, pesquisa e desenvolvimento, finanças, sistemas de informação, vendas e atendimento ao cliente.

Na Marinha do Brasil, segundo as Normas para Execução do Abastecimento – rev.7 (SGM-201), o abastecimento envolve uma série de atividades voltadas para prever e garantir a disponibilidade de materiais necessários para que as forças e as Organizações Militares (OM) da Marinha do Brasil operem com total eficiência. A coordenação dessas atividades é responsabilidade do Sistema de Abastecimento da Marinha (SAbM), que é descrito como um conjunto abrangente de órgãos interconectados, responsáveis por facilitar e supervisionar o fornecimento dos materiais essenciais para manter a plena eficácia das instituições navais (BRASIL, 2020b).

Para atingir esse objetivo, o SAbM é estruturado com órgãos de Execução e Direção, e também órgãos de Supervisão Técnica, Supervisão Geral e Superintendência. Dentro dessa estrutura, a Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM) atua como o Órgão de Direção Geral (ODG), supervisionando as funções mencionadas (BRASIL, 2020b).

Em complemento, a Marinha desenvolveu o Sistema de Informações Gerenciais do Abastecimento (SINGRA), que surgiu da necessidade do SAbM por uma base de dados robusta e gestão de materiais. Esse sistema apoia as etapas cruciais das operações logísticas relacionadas ao abastecimento, permitindo a antecipação e o fornecimento dos recursos informacionais essenciais para as atividades técnicas e gerenciais (BRASIL, 2020b).

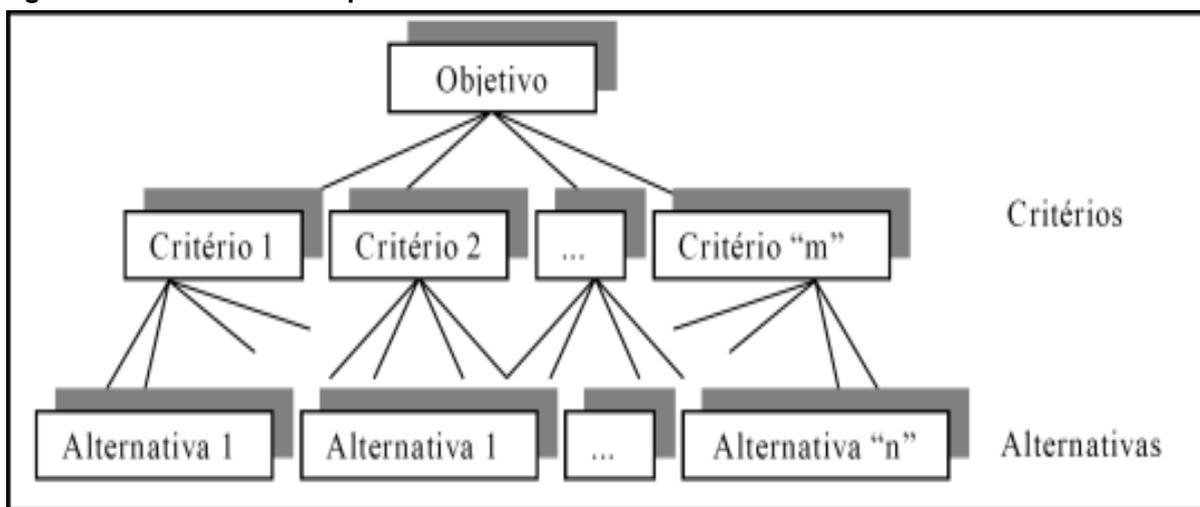
2.6 Método Multicritério de Apoio à Decisão (MMAD)

O Método Multicritério de Apoio à Decisão (MMAD), ou Método de Análise Hierárquica (AHP), se apresenta como uma ferramenta essencial para lidar com decisões complexas, oferecendo uma estrutura sólida para avaliar diversas alternativas com base em diferentes critérios (Saaty; Vargas, 2012). Este método se alinha à tradição do raciocínio cartesiano e newtoniano, ao decompor o problema em fatores bem definidos e palpáveis, permitindo uma análise aprofundada e uma descrição posterior (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009).

Ao refletir sobre a abordagem de Bandeira, Becker e Rocha (2010), é importante lembrar que o Método de Análise Hierárquica (AHP) se fundamenta na capacidade inata da mente humana de comparar dois elementos. Assim, a classificação de um grupo de itens é feita por meio de comparações diretas, analisando cada par individualmente (SAATY, 1980). No entanto, como aponta Saaty (1980), a grande quantidade de comparações pode gerar inconsistências, que podem ser ajustadas através da agregação das observações coletadas.

O AHP apresenta a sua estrutura organizada de forma que o objetivo da decisão fique no topo e seguido pelos critérios que formam o segundo nível, e, por fim, as alternativas que são consideradas de acordo com esses critérios definidos na hierarquia superior (SAATY; VARGAS, 2012).

Figura 1 – Estrutura Hierárquica Básica AHP



Fonte: Marins, Souza e Barros (2009).

Em situações que envolvem vários decisores, as avaliações de critérios e alternativas feitas de forma independente para cada participante resultam em vetores de prioridade ou matrizes de preferência (SAATY, 1980). Ao término do processo, essas avaliações são combinadas em uma única matriz, chamada de matriz de consenso, que reúne a importância de cada julgamento, oferecendo um resultado compilado e único. O objetivo final do modelo é priorizar as alternativas, criando uma classificação em relação a melhor decisão a ser tomada (MARINS et al., 2009).

A escala fundamental sugerida por Saaty e Vargas (2012), é essencial para a comparação de alternativas. Essa escala é confirmada não somente pela sua aplicação recorrente, mas também por fundamentos teóricos que sustentam o uso

de uma escala ao comparar elementos semelhantes. Assim, tanto fatores quantitativos quanto qualitativos se reúnem em uma única escala, que é então analisada de forma matricial. Os valores atribuídos vão de 1 a 9, onde o 1 é uma comparação equivalente, de mesmo nível de importância, e o 9 é o máximo de importância em relação ao outro critério comparado.

Após calcular a matriz de comparação, analisa-se a consistência das opiniões, efetuando cálculos que indicam a presença de inconsistências nas respostas coletadas. Marins (2006), cita os seguintes procedimentos para os cálculos da Relação de Consistência (RC) e o Índice de Consistência (IC):

a) Para cada linha da matriz de comparação determinar a soma ponderada, com base na soma do produto de cada valor da mesma pela prioridade da alternativa correspondente;

b) Depois os resultados encontrados devem ser divididos pelos vetores da respectiva matriz;

c) Ao fazer uma média dos resultados de cada linha, encontra-se o λ_{max} ;

d) O Índice de Consistência (IC) pode ser calculado pela fórmula $IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$;

e) E a Relação de Consistência (RC) é encontrada ao dividir o Índice de Consistência (IC) pelo índice de Inconsistência Aleatória Média (IAM), valor esse que depende da dimensão da matriz analisada, de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 1 – Índice de Consistência Randômico (IR)

Dimensão da matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inconsistência Aleatória Média	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Marins, Costa (2006).

f) Pela ótica do AHP, o RC desejável da matriz para que ela seja considerada satisfatória, é com valor menor ou igual a 0,10.

Após completar as comparações em pares de todas as alternativas, é hora de atribuir uma valorização geral a cada uma delas. Isso é realizado por meio de uma soma ponderada, levando em conta a importância relativa e o nível de preferência de cada alternativa. Esse processo fornece informações essenciais para a tomada de decisões em contextos complexos (VILAS BOAS, 2005).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), metodologia é um conjunto de procedimentos e técnicas que devem ser seguidos na construção do conhecimento, visando demonstrar sua validade e aplicabilidade em diversas áreas. De acordo com Creswell e Creswell (2021), este estudo adotou uma abordagem quantitativa, e tal abordagem, segundo Prodanov e Freitas (2013), implica o uso de ferramentas e métodos estatísticos, já que busca expressar opiniões e dados em termos numéricos, permitindo assim uma classificação e análise mais estruturada.

A pesquisa quantitativa parte do princípio de que tudo pode ser medido, o que implica traduzir opiniões e informações em números para que possam ser classificadas e analisadas. Essa abordagem requer o uso de técnicas e recursos estatísticos, como porcentagens, médias, medianas, modas, coeficientes de

correlação, desvios-padrão e análises de regressão. Ao conduzir uma pesquisa quantitativa, é fundamental formular hipóteses e categorizar a relação entre variáveis, garantindo assim a precisão dos resultados e evitando contradições durante a análise e interpretação dos dados (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 70).

Nesse cenário, utilizou-se uma metodologia de apoio à decisão chamada Processo Hierárquico Analítico (AHP), conforme sugerido por Saaty (1980). O objetivo dessa abordagem é oferecer uma ferramenta que auxilie no processo de tomada de decisão. A aplicação de cálculos matemáticos em forma de matrizes permite determinar as escolhas apresentadas na parte quantitativa do trabalho.

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa pode ser entendida de diferentes maneiras. Sob a perspectiva da sua natureza, ela é considerada aplicada, já que visa resolver problemas concretos em contextos específicos. Além disso, em relação aos seus objetivos, ela é exploratória, pois busca expandir conhecimentos, trazer inovações e aprofundar informações sobre o tema em questão.

Sobre os métodos utilizados para coletar os dados, Prodanov e Freitas (2013) destacam que a pesquisa se divide em três tipos: Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa de Campo e Pesquisa Documental.

As Pesquisas Bibliográficas foram focadas nos temas de Gestão do Ciclo de Vida e Logística 4.0, explorando literatura especializada, artigos acadêmicos e publicações científicas. Para isso, utilizou-se o software Publish and Perish, acessando a base de dados do Google Acadêmico e afinando a busca em conceitos como Logística 4.0, Indústria 4.0, Life Cycle Cost, Sistemas de Defesa, e Método Multicritério de Apoio à Decisão (MMAD).

As Pesquisas Documentais, por sua vez, concentraram-se em publicações e normativas da Diretoria Geral de Material da Marinha, do Estado-Maior da Armada, da Diretoria de Gerência de Projetos e da Diretoria de Abastecimento. O foco é no Ciclo de Vida dos Meios Navais, mais especificamente focado nas características das Fragatas Classe Niterói e na logística necessária para seu suporte. Vale destacar que, conforme Gil (2008), essas fontes são consideradas de primeira mão, pois ainda não passaram por qualquer tipo de análise.

A pesquisa de campo, conforme Vergara (2016), é uma investigação prática realizada no local onde os eventos acontecem, incluindo todos os elementos relevantes para sua compreensão. Essa abordagem pode abranger diversas técnicas, como aplicação de questionários, entrevistas, testes e observações diretas. Nesse contexto, a coleta de dados foi realizada utilizando o Método AHP, por meio de um questionário estruturado com uma escala padronizada proposta por Saaty (1980), utilizando um formulário eletrônico criado no Google Forms.

3.1 Coleta de Dados

A escolha do Método de Análise Hierárquica (AHP) para selecionar qual ferramenta da logística 4.0 pode ser melhor aplicada na gestão do ciclo de vida das Fragatas Classe “Niterói”, se fundamenta na importância dos métodos multicritérios na tomada de decisões. Esses métodos são indispensáveis para lidar com problemas complexos que não podem ser resolvidos por abordagens intuitivas ou tradicionais. Além disso, eles promovem maior transparência e clareza no processo decisório, características que frequentemente faltam em métodos que consideram apenas um critério, como enfatizam Marins, Souza e Barros (2009).

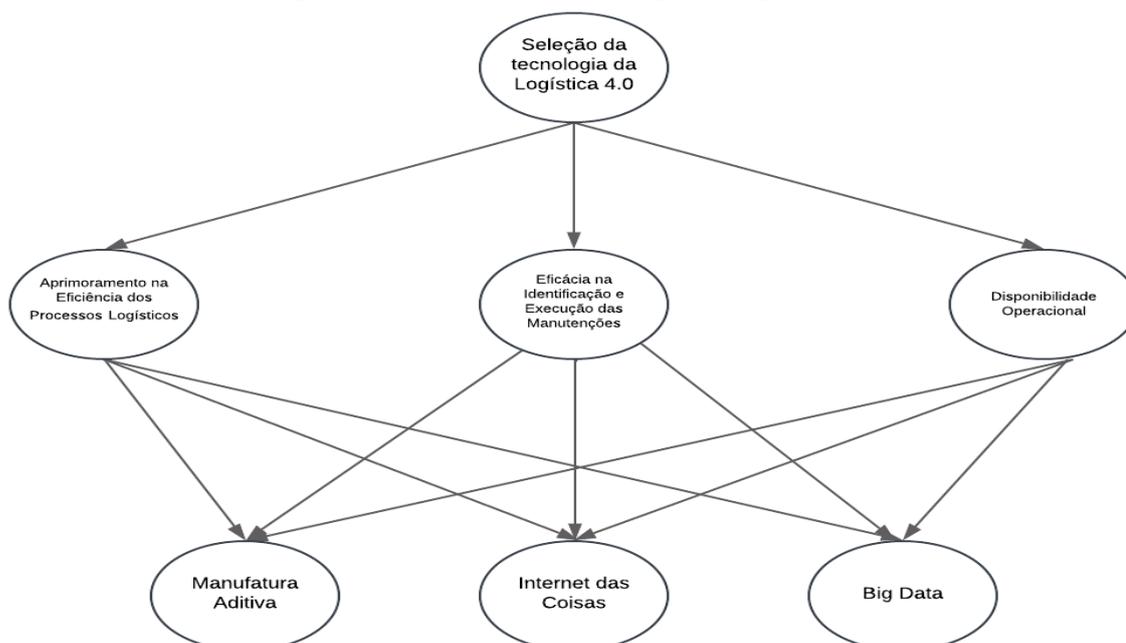
A adoção da abordagem 4.0 na logística naval marca um avanço importante para a Marinha, alinhando-se ao Objetivo Naval (OBNAV) de “Modernizar a Força Naval” dentro do seu Planejamento Estratégico. Para isso, é fundamental implementar uma metodologia que possibilite uma avaliação cuidadosa das opções disponíveis. O uso do AHP permite organizar e ponderar de maneira criteriosa os elementos em análise, garantindo uma utilização mais eficiente das ferramentas que melhor se adequariam ao contexto das Fragatas Classe Niterói.

Para construir o modelo, foi utilizado um questionário estruturado, que incorporou as respostas sugeridas por Saaty (1980) na comparação dois a dois das ferramentas e alternativas. As respostas foram coletadas de militares que já desempenharam funções diretamente ligadas a manutenção, operações, apoio logístico e gestão do ciclo de vida. Assim, levou-se em conta a experiência profissional de Oficiais do Corpo da Armada que já ocuparam cargos como Chefe do Departamento de Máquinas e Encarregado de Divisão, de Oficiais do Corpo de Intendentes da Marinha que atuaram na gestão de inventário de sobressalentes e apoio logístico integrado, assim como Oficiais do Corpo de Engenheiros da Marinha, envolvidos no Gerenciamento do Ciclo de Vida de Meios Navais.

O principal propósito deste estudo é identificar a tecnologia de Logística 4.0 que melhor se encaixa na otimização da Gestão do Ciclo de Vida das Fragatas Classe Niterói. Para isso, foram estabelecidos critérios de avaliação que destacam aspectos essenciais para as fases de Operação e Apoio.

De acordo com Saaty (1980), o modelo desta pesquisa, ilustrado na Figura 2, tem como foco principal a escolha da Tecnologia de Logística 4.0 para aprimorar a Gestão do Ciclo de Vida das Fragatas Classe “Niterói”. Os critérios que sustentam essa escolha incluem: Disponibilidade Operacional do Meio, Melhoria na Eficiência dos Processos Logísticos e Eficácia na Identificação e Execução das Manutenções. Por último, as alternativas consideradas são: Big Data, Internet das Coisas e Manufatura Aditiva.

Figura 2 – Estrutura Hierárquica de Priorização de Tecnologia da Logística 4.0



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para calcular os critérios de avaliação da Matriz AHP, foram escolhidos pontos que impactam diretamente as áreas de Operação, Manutenção e Apoio dos meios. Nesse sentido, analisou-se o Manual de Boas Práticas de Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Defesa (MD40-M-01), que descreve atividades essenciais a serem realizadas durante as Fases de Operação e Apoio. Essas atividades estão alinhadas com os critérios que estamos considerando.

Além disso, conforme apontado por Santana (2022), uma gestão eficaz do Ciclo de Vida deve garantir altos níveis de disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos sistemas, além de diminuir os tempos de inatividade. Isso é fundamental para alcançar o Objetivo Naval (OBNAV) de "Obter a Capacidade Operacional Plena" presente no PEM-2040. Dessa forma, foram escolhidos como critérios de análise das ferramentas: Eficácia na Identificação e Execução das Manutenções, Disponibilidade Operacional e Aprimoramento na Eficiência dos Processos Logísticos.

Alinhando-se à necessidade de atender às diretrizes do Manual de Boas Práticas de Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas de Defesa, foram identificadas as ferramentas de Logística 4.0 que melhor se adaptam a essas diretrizes. Nesse contexto, a Manufatura Aditiva se destaca como uma solução promissora para viabilizar a execução das manutenções.

Segundo Corrêa (2019), o uso da Impressão Tridimensional (I3D) na indústria aeroespacial resulta em significativas reduções de peso em componentes, variando de 50% a 80%, além de melhorar a eficiência de voo, reduzir o consumo de combustível e otimizar operações industriais, especialmente no que diz respeito à gestão de peças sobressalentes que demandam altos custos de manutenção.

Além disso, a adoção da Internet das Coisas (IoT) tem como objetivo garantir a rastreabilidade dos componentes sobressalentes dos Sistemas de Defesa, além de prever as necessidades de manutenção e monitorar o desempenho do sistema. Como enfatiza Corrêa (2019), a IoT permite a interconexão e a troca de dados entre todos os elementos, facilitando a comunicação não apenas entre eles, mas também com outros envolvidos na cadeia de suprimentos.

Por último, a gestão das informações em um sistema de defesa complexo e avançado é essencial para a Gestão do Ciclo de Vida, conforme detalhado nas atividades do Manual de Boas Práticas. Um grande volume de dados relacionados à produção está sendo gerado em um ritmo acelerado por diversos participantes em todas as fases do ciclo de vida dos produtos (ZHANG et al., 2016). Nesse contexto, a adoção de Big Data pode proporcionar vantagens competitivas significativas, permitindo uma análise mais detalhada desses dados e facilitando a previsão das necessidades de manutenção dos recursos (CORREA, 2019).

Com base nessas considerações, foi elaborado um questionário de comparação dois a dois dos critérios e alternativas, utilizando a escala proposta por Saaty (1980). O objetivo é coletar respostas de Oficiais selecionados para atender ao objetivo específico "e".

3.2 Tratamento dos Dados

Ao coletar os resultados do questionário aplicado aos Oficiais previamente selecionados, foi possível usar o Excel para calcular a priorização tanto individual quanto em conjunto, além de avaliar a Razão de Consistência (RC) de cada análise.

Isso garante que os julgamentos estejam dentro do critério estabelecido, ou seja, com uma Razão menor ou igual a 0,10, conforme orienta Saaty (1980). Conforme afirmam Marins, Souza e Barros (2009), “a inconsistência surge quando algumas opiniões da matriz de comparação se contradizem com outras. Por isso, é importante verificar a consistência das opiniões efetuando uma série de cálculos que indicam consistência ou não da matriz de comparação”.

Dos Oficiais entrevistados, apenas quatro apresentaram uma Razão de Consistência em seus julgamentos que atendeu aos critérios estabelecidos por Saaty (1980) e que poderiam ser utilizados na pesquisa. As demais respostas não foram utilizadas, mesmo mostrando um alinhamento com o resultado final, entretanto permanecem registradas em um banco de dados, não interferindo na base de cálculos da Matriz de Decisão do Grupo. Embora seja desejável uma participação maior, é importante destacar que o foco do estudo não é generalizar os resultados para toda a população. Em vez disso, a ênfase está na aplicação da metodologia, contando com a colaboração de especialistas nas áreas de Operações, Manutenção e Logística. Essa abordagem visa conferir maior confiabilidade na seleção da ferramenta de Logística 4.0.

As tabelas a seguir apresentam as Matrizes de Decisão de cada avaliador, destacando os graus de prioridade atribuídos a cada alternativa. Além disso, inclui-se a Matriz de Decisão integrada, que considera as escolhas individuais de cada avaliador com o mesmo peso na priorização do grupo.

Tabela 2 – Matriz de Decisão, Decisor 1

	Logística	Manutenção	Disponibilidade	Prioridades
Peso dos Critérios	0,074	0,283	0,643	
Manufatura Aditiva	0,074	0,115	0,179	0,153
Internet das Coisas	0,643	0,480	0,685	0,624
Big Data	0,283	0,405	0,136	0,223

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 3 – Matriz de Decisão, Decisor 2

	Logística	Manutenção	Disponibilidade	Prioridades
Peso dos Critérios	0,106	0,260	0,633	
Manufatura Aditiva	0,106	0,200	0,187	0,182
Internet das Coisas	0,633	0,600	0,655	0,639
Big Data	0,260	0,200	0,158	0,180

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 4 – Matriz de Decisão, Decisor 3

	Logística	Manutenção	Disponibilidade	Prioridades
Peso dos Critérios	0,091	0,455	0,455	
Manufatura Aditiva	0,143	0,200	0,187	0,189
Internet das Coisas	0,429	0,600	0,655	0,610
Big Data	0,429	0,200	0,158	0,202

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 5 – Matriz de Decisão, Decisor 4

	Logística	Manutenção	Disponibilidade	Prioridades
Peso dos Critérios	0,143	0,143	0,714	
Manufatura Aditiva	0,143	0,115	0,260	0,223
Internet das Coisas	0,429	0,405	0,633	0,572
Big Data	0,429	0,480	0,106	0,206

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tabela 6 – Matriz de Decisão Conjunta

	Logística	Manutenção	Disponibilidade	Prioridades
Peso dos Critérios	0,103	0,271	0,625	
Manufatura Aditiva	0,115	0,157	0,200	0,179
Internet das Coisas	0,537	0,535	0,664	0,616
Big Data	0,348	0,309	0,137	0,205

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

De acordo com o Método de Análise Hierárquica (AHP) aplicado, a “disponibilidade operacional” das Fragatas Classe "Niterói" se apresentou como o principal fator, ao receber uma ênfase significativa de 62,5%. Essa prioridade está alinhada com o Objetivo Naval do Planejamento Estratégico da Marinha, sublinhando a necessidade de que essas embarcações estejam sempre prontas para ação. As FCN, conforme o Planejamento Brasileiro de 2023, são vitais para a segurança marítima e para a proteção das zonas econômicas do país. Elas têm um papel essencial na defesa contra diversas ameaças, na supervisão de atividades econômicas importantes e na realização de operações de resgate e salvamento. A eficácia dessas missões está diretamente ligada à capacidade dessas belonaves de estarem operacionais a qualquer momento, o que ressalta a importância de uma manutenção e apoio logístico bem estruturados.

Quando falamos sobre a "eficácia na execução e identificação das manutenções", que representa 27,1% da avaliação, é importante notar a crescente conscientização sobre a necessidade de manter as Fragatas não apenas operacionais, mas em condições ideais. Essa abordagem proativa e eficiente para a manutenção é uma parte fundamental da estratégia operacional, alinhando-se à visão da Indústria 4.0, conforme discutido por Fischer (2016), que defende a criação de organizações capazes de se adaptar rapidamente a situações inesperadas. Além disso, essa perspectiva de manutenção, apoiada pelos argumentos de Jones et al. (2014), destaca a importância de uma gestão cuidadosa de recursos financeiros durante períodos críticos de operação e suporte.

Os critérios relacionados ao "aprimoramento na eficiência dos processos logísticos", embora tenham uma ponderação mais baixa de 10,3%, ressaltam a relevância de uma logística rápida e interligada nas operações navais. Segundo Ballou (2006), a eficiência logística é essencial para garantir a eficácia operacional, o que significa que, apesar de sua prioridade ser menor no momento, otimizar esses processos continua sendo fundamental.

A forte preferência pela Internet das Coisas (IoT), que recebeu 61,6% de aprovação, revela um reconhecimento relevante do seu potencial de transformar a atual administração do ciclo de vida das Fragatas. Corrêa (2019) destaca como a IoT pode melhorar a gestão de dados e sistemas, enquanto Faccioni Filho (2016) enfatiza sua habilidade de coletar e analisar informações em tempo real. Essa escolha pela IoT indica uma abordagem centrada na manutenção preventiva e uma administração mais esclarecida e eficaz, fundamental para assegurar a funcionalidade e a prontidão das embarcações.

As tecnologias de Big Data e Manufatura Aditiva, que têm ponderações de 20,5% e 17,9%, respectivamente, trazem benefícios significativos. Russom (2011) aborda como o Big Data pode influenciar decisões estratégicas, enquanto Corrêa (2019) investiga as inovações que a Manufatura Aditiva oferece na produção flexível

de componentes. Embora não sejam o foco principal no estudo AHP, essas tecnologias possuem o potencial de transformar profundamente as operações navais e os processos de manutenção.

Em síntese, análise AHP para as Fragatas Classe “Niterói” apresenta um resultado indicando uma preferência nítida pela IoT como um elemento central na Logística 4.0, favorecendo uma gestão eficaz do ciclo de vida. Essa ênfase na IoT, combinada com um foco maior em manutenções eficientes e a melhoria dos processos logísticos, representa uma abordagem inovadora e estratégica para garantir a prontidão naval. A análise destaca a importância crucial da disponibilidade operacional e indica o potencial promissor das tecnologias emergentes, como Manufatura Aditiva e Big Data, para aprimorar as operações e manutenções navais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Logística 4.0 traz uma nova era para a GCV dos Meios Navais, incorporando ferramentas inovadoras como a Manufatura Aditiva, Internet das Coisas (IoT) e Big Data. Essa revolução tecnológica é crucial para modernizar e otimizar o ciclo de vida das embarcações, aumentando a eficiência operacional e a disponibilidade da Marinha do Brasil. A Internet das Coisas (IoT), em particular, desempenha um papel essencial, contribuindo para que os navios estejam sempre prontos para suas missões de maneira eficaz. Ao integrar essas tecnologias avançadas, a Logística 4.0 fortalece a capacidade de operar das Fragatas Classe “Niterói”, prolonga sua vida útil e torna a Marinha do Brasil mais atualizada.

Este estudo utilizou uma abordagem metodológica rigorosa, baseada no Método de Análise Hierárquica (AHP), que proporcionou um processo cuidadoso para selecionar a tecnologia de Logística 4.0 mais adequada às Fragatas Classe “Niterói”. A análise minuciosa confirmou a Internet das Coisas (IoT) como a principal ferramenta, evidenciando sua importância na otimização da gestão do ciclo de vida dos navios. A escolha pela IoT evidencia uma compreensão clara de sua habilidade em integrar e analisar dados em tempo real, o que é essencial para uma melhor gestão e para se antever as manutenções.

Este estudo, no entanto, apresenta algumas limitações. A pesquisa foi realizada com um grupo específico de Oficiais da Marinha, o que pode restringir a geração dos resultados tendo em vista suas experiências particulares e seus níveis de conhecimento nas respectivas área.

Para futuros trabalhos acadêmicos, sugere-se uma análise mais detalhada das tecnologias mencionadas, bem como um exame abrangente de inovações emergentes nesse campo. Ampliar o escopo do estudo para incluir diferentes tipos de embarcações poderia proporcionar uma visão mais completa sobre o potencial da Logística 4.0. Adicionalmente, expandir o método de decisão multicritério para incluir outros participantes com perspectivas de outras áreas, e Oficiais mais antigos, poderia enriquecer as análises, trazendo maior profundidade ao estudo.

Para concluir, este estudo conseguiu atingir seus objetivos, oferecendo contribuições significativas para a Marinha do Brasil e avançando no processo adoção da Logística 4.0 na gestão do ciclo de vida dos Meios Navais. A busca pela excelência operacional e pela prontidão naval está profundamente conectada ao progresso tecnológico, e a Logística 4.0 se revela uma ferramenta essencial nessa caminhada rumo a uma Marinha mais tecnológica e forte no futuro.

NOTAS

1. Questionário disponível em:

https://drive.google.com/drive/folders/18luQzMZDx8y4x0VMjb1dkaTeYE2Vpg9u?usp=drive_link

2. Planilhas referentes aos cálculos apresentados disponíveis em:

https://drive.google.com/drive/folders/18luQzMZDx8y4x0VMjb1dkaTeYE2Vpg9u?usp=drive_link

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, Ronald. **Gerenciamento Da Cadeia De Suprimento** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. São Paulo: Editora Bookman, 2006.

BANDEIRA, D. L.; BECKER, J. L.; ROCHA, A. K. Sistemática multicritério para priorização de embarques marítimos. **RAM Revista de Administração Mackenzie**, São Paulo-SP, v. 11, ed. 6, p. 107-130, nov/dez 2010. doi: <https://doi.org/10.1590/S1678-69712010000600007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ram/v11n6/a07v11n6.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. Estado-Maior da Armada. **Plano Estratégico da Marinha (PEM-2040) - EMA-300**. Brasília-DF, 2020a.

BRASIL. Marinha do Brasil. Secretaria-Geral da Marinha. **SGM – 201: Normas Para Execução Do Abastecimento**. 7. Rev. Brasília, DF, 2020b.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa**. Brasília, DF: MD, 2019a. Disponível em: https://www.gov.br/caslode/pt-br/arquivos/gestao-do-ciclo-de-vida-de-sistemas-de-defesa/manual_md_40_m_01_13jan2020.pdf. Acesso em: 08 out. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.598, de 22 de março de 2012. Estabelece normas especiais para [...] produtos e de sistemas de defesa; [...] e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12598.htm. Acesso em: 08 out. 2024.

CORRÊA, H. A indústria 4.0 e suas implicações para as cadeias de suprimentos. **Revista Mundo Logística**, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329874318_A_Industria_40_e_suas_implicacoes_para_as_cadeias_de_suprimento. Acesso em: 09 out. 2024.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 5. ed. Penso Editora, 2021.

DEFENSE ACQUISITION UNIVERSITY. **DoD Life Cycle Management (LCM) & Product Support Manager (PSM) rapid deployment training**. Fort Bel Voir, VA:

DAU, 2010. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a530887.pdf>. Acesso em: 08 out. 2024.

FACCIONI FILHO, M. BMS 2.0: nova geração de sistemas de automação e gestão predial. In: **Congresso Netcom**, São Paulo, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320024315_BMS_20_Nova_geracao_de_sistemas_de_automacao_e_gestao_predial. Acesso em: 07 out. 2024.

FACCIONI FILHO, M. **Internet das Coisas (Internet of Things)**. Palhoça-RS: UniSulVirtual, 2016. ISBN: 9788550601113. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319881659_Internet_das_Coisas_Internet_of_Thing. Acesso em: 09 out. 2024.

FAUSTINO, B. Seis princípios básicos da Indústria 4.0 para os CIOs. Disponível em: <https://cio.com.br/seis-principios-basicos-da-industria-4-0-para-os-cios/>. Acesso em: 13 out. 2024.

FISHER, F. Essa tal Logística 4.0. **Tecnológica**, São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52. 2016.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
GOMES, B. **Indústria 4.0: Internet das Coisas**. Panorama da Inovação. 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557E033FAC372E&inline=1>. Acesso em: 09 out. 2024.

GOMES, A. **A importância dos clusters tecnológicos para a indústria de defesa brasileira**: análise de relevância para a Marinha do Brasil. Pedrouços, Portugal: Instituto Universitário Militar Departamento de Estudos Pós-Graduados, 2021.

JONES, G. et al. **Investigation into the ratio of operating and support costs to life-cycle costs for DoD weapon systems**. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264083243_Investigation_into_the_Ratio_of_Operating_and_Support_Costs_to_Life-Cycle_Costs_for_DoD_Weapon_Systems. Acesso em: 09 out. 2024.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. de O.; BARROS, M. da S. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais—um estudo de caso. **Xli Sbp**, v. 1, p. 49, 2009.

MAXIMIANO, A. C. A. **Fundamentos da Administração**. 2. ed. São Paulo, 2009.

MOURA, L. V. A. **Processos de Gestão do Ciclo de Vida nas Fases de Operação e Apoio**: a Abordagem do Apoio em Serviço para Alcançar a Efetividade Operacional. Dissertação (Conclusão do Curso) – Estado-Maior para Oficiais Superiores, Rio de Janeiro – RJ, 2022.

NASSAR, V.; VIEIRA, M. L. H. **A aplicação de RFID na logística**: um estudo de caso do Sistema de Infraestrutura e Monitoramento de Cargas do Estado de Santa

Catarina. *Gestão & Produção*, v. 21, p. 520-531, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/kj6hDnMnRVd56nCytKCW8rK/?lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2024.

NGB – **Fragata Niterói – 40**. Disponível em: <https://www.naval.com.br/ngb/N/N009.htm>. Acesso em 5 out. 2024.

NGB – **Programa de Modernização das Fragatas classe Niterói**. Disponível em <https://www.naval.com.br/ngb/modfrag.htm>. Acesso em 4 out. 2024.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROSSMANN, B. et al. The future and social impact of Big Data Analytics in Supply Chain Management: results from a delphi study. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 130, p. 135-149. 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.005>. Disponível em: <https://scihub.wikicn.top/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.005>. Acesso em 08 de out. 2024.

RUSSOM, P. Big Data Analytics. **TDWI Best Practices Report, fourth quarter**, v. 19, n. 4, p. 1-34, 2011. disponível em: <https://vivomente.com/wp-content/uploads/2016/04/big-data-analytics-whitepaper.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. New York: Springer, 2012.

SACHON, H.; KARRER, C. **Hella: 4.0 Indústria na China**. IESE, P-1163-E, 2017.

SANTANA, E. C. **A gestão de custos na Marinha do Brasil: uma abordagem estratégica da gestão do ciclo de vida nos meios navais**. Monografia (Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia) - Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, RJ, 2022. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1580>. Acesso em: 11 de out. 2024.

SANTOS, C. M.; FIGUEIREDO BELÉM, J. Indústria 4.0 e Manufatura Aditiva: um Estudo de Caso com os Consumidores de Calçados Produzidos nas Indústrias de Calçados de Juazeiro do Norte. ID online. **Revista de Psicologia**, v. 12, n. 42, p. 1059-1072, 2018. Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1392/1989>. Acesso em: 08 de out. 2024.

SILVA, E. F. da; KAWAKAME, M. dos S. Lc. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9., 2019, Paraná. **Anais [...]**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/MarceloKawakame/publication/356998067_Logistica_40_Desafios_e_inovacoes_Logistic_40_Challenges_and_innovations/links/61b75f34a6251b553ab65063/Logistica-40-Desafios-e-inovacoes-Logistic-40-Challenges-and-innovations.pdf. Acesso em: 08 out. 2024.

SOUZA, Mateus Barros Passos de. **Impacto da Logística 4.0 na Gestão do Ciclo de Vida das Fragatas Classe “Tamandaré”**. 2023. 24 f. Dissertação (Trabalho de fim de curso) – Centro de Instrução e Adestramento Almirante Newton Braga (CIANB), Rio de Janeiro, 2023.

SOUZA, V. C. de et al. Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na manutenção preditiva através do monitoramento de equipamentos e instalações. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 7063-7083, 2022. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/fjoi6nv72fdjnch7h4dqbzcsaa/access/wayback/> <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/download/43302/pdf>. Acesso em: 08 out. 2024.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração** (16a. ed.). Rio de Janeiro: Grupo Gen. - Atlas, 2016.

VILLAS BOAS, B. M. de F. **Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico**. 2. ed. Campinas: Papirus, 2005.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. Editora Blucher, 2021.

WANG, K. Logistics 4.0 Solution New Challenges and Opportunities. **Proceedings of the 6th International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation**. 2016. DOI:<https://doi.org/10.2991/iwama-16.2016.13>. Disponível em: <https://bit.ly/2E1X2Gl>. Acesso em: 09 out. 2024.

ZHANG, Y. Análise de temas e previsões para ciência, tecnologia e inovação: Metodologia com estudo de caso com foco em pesquisa de big data. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 105, 2016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162516000160?casa_token=BB1VdoeqI5UAAAAA:XeOKEu4QvZrKyuvOJBGORO9mISgNrNBdIXFfjGdi2m0Bx1b2HQiz36pR0eyy0XDZF8A26bEXnPI. Acesso em: 10 de out. 2024.