

Uma análise dos potenciais benefícios da aplicação dos conceitos de *Building Information Modeling* (BIM) associada à metodologia multicritério de suporte à tomada de decisão nas obtenções de meios navais na Marinha do Brasil.

Autoria: C-ApA (IM) 2023 - CASLODE-15

RESUMO

O surgimento da Logística 4.0 e seu impacto na Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa (GCVSD), proporcionou a exploração de diversos dados, assim como enfatiza a necessidade de integrá-los, considerando as características das distintas fases de um projeto. Desta forma, o conceito de Apoio Logístico Integrado (ALI) passou a representar de forma mais madura, requisitos que consideram recursos, sistemas e progresso tecnológico para uma capacidade de combate efetiva no âmbito das Forças Armadas (FA). Isso inclui considerar as limitações econômicas e legislativas do país bem como a integração de teorias modernas que apoiam avanços logísticos, como o BIM. Neste ínterim, o processo de tomada de decisão é uma abordagem que carece de mecanismos que o suportem de maneira racional, eficiente e eficaz e, neste sentido, a Metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão ganha força. O objetivo deste estudo é analisar os potenciais benefícios de metodologias multicritério quando associadas ao BIM como suporte à obtenção de meios navais.

Palavras-chave: *Building Information Modeling*; Gestão do Ciclo de Vida; Apoio Logístico Integrado; Metodologia Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão.

1. INTRODUÇÃO

Diante da evolução e abrangência dos conceitos relacionados à logística - em especial na era da Logística 4.0 - novas abordagens teóricas introduzem não apenas ferramentas modernas, mas também filosofias que complementam a eficiência e contribuem para a eficácia da gestão administrativa no que tange à otimização dos processos, maximização da visibilidade da cadeia e o aprimoramento da tomada de decisões estratégicas.

Apesar de a logística ser um termo tradicionalmente estudado e desenvolvido em diversas esferas e - ainda que originalmente advindo de contextos militares - seus aspectos e implicações no âmbito de Sistemas de Defesa (SD) não possuem a mesma profundidade quando comparado a outras áreas. Poucos são os estudos que integram todos os aspectos do tema desta pesquisa de forma conjunta, sendo possível, portanto, identificar a relevância do fomento desta narrativa.

No século XX, até a década de 60, os processos de obtenção de SD eram focados essencialmente no atendimento aos requisitos operacionais, sem considerar os possíveis desdobramentos futuros. Os requisitos de apoio logístico ao Sistema eram considerados somente após a finalização do projeto. A evolução tecnológica dos meios e as dificuldades de manutenção constatadas durante o emprego destes SD induziram naturalmente uma mudança nesse processo. Dessa forma, as necessidades de apoio logístico passaram a ser formalmente discutidas, desde a concepção dos projetos, seguindo uma metodologia própria, denominada Apoio Logístico Integrado (ALI).

Existem estudos que manifestam as maneiras e as visões recentes acerca de desenvolvimento, tecnologia e inovação no universo da Defesa e, também, como o

Brasil tem percebido os avanços globais. É possível identificar que, apesar de ora ponderar-se ser suficiente possuir recursos, sistemas e progresso tecnológico, é necessário que a organização seja capaz de desenvolver uma estratégia apropriada, o planejamento necessário e uma capacidade de combate efetiva a partir dos meios e sistemas disponíveis.

No caso brasileiro, em especial, vale a consideração das limitações econômicas enfrentadas pelo Estado e a legislação em vigor, os quais - associados - complementam a conjuntura a ser estudada. Além da importância da integração interforças e/ou internacional, a autonomia de um sistema robusto e complexo - sobretudo os envolvidos nos objetivos da Política de Defesa Nacional - requer aproximação e a aplicação das teorias modernas que suportam os avanços logísticos da atualidade.

Ao lidar com uma grande quantidade de dados - muitas vezes imprecisos; uma sorte de critérios complexos; dúvidas diversas; e condições conflitantes, a decisão por si só se torna um processo a ser cientificamente estruturado. Neste sentido, a metodologia de Apoio Multicritério à Tomada de Decisão contribui para tornar estes processos mais racionais, eficientes e eficazes (HATAMI-MARBINI & TAVANA, 2011; PEREIRA et al., 2017).

A tomada de decisão multicritério (MCDA, do inglês "Multi-Criteria Decision Analysis" ou MCDM, "Multi-Criteria Decision Making") é uma das áreas de pesquisa operacional que mais cresceu nas últimas décadas e é uma das metodologias de decisão mais utilizadas nas ciências, no mundo dos negócios, no governo e na engenharia, para apoiar a qualidade do processo de tomada de decisão (WANG & TRIANTAPHYLLOU, 2008; MALEKI & ZAHIR, 2013). Uma metodologia MCDA requer a apresentação de critérios que, por vezes, refletem interesses, valores ou objetivos conflitantes, o que torna o processo de decisão essencialmente complexo.

Esta pesquisa pretende estender a visão acerca dos benefícios da adequada interação do ALI na GCVSD Nacionais e seus componentes. Por se tratar de um profundo espectro de conceitos e filosofias contemporaneamente aplicadas, pretende-se ampliar a abordagem sobre a logística dos SD nacionais e complementar a lacuna analítica acerca do processo decisório durante os principais marcos da GCV, em especial à resposta ao Princípio da Prontidão:

Princípio de Guerra que se define como a capacidade de pronto atendimento das Forças Armadas para fazer face às situações que podem ocorrer em ambiente de combate. A prontidão fundamenta-se na organização, no adestramento, na doutrina, nos meios e no profissionalismo das forças, consubstanciando-se nas seguintes funções militares: comando, inteligência, planejamento, operações, logística e mobilização (BRASIL, 2015, p. 221).

Atualmente, em nível mundial, a onda de inovações disruptivas que vêm se consolidando, com customizações na área tecnológica e alterando vários setores tradicionais, trouxe a disseminação dos conceitos e aplicações como a Modelagem da Informação da Construção (do inglês, *Building Information Modeling* - BIM) na área da indústria, especialmente na construção civil. No Brasil, políticas estratégicas para esta divulgação vieram com a primeira legislação da Estratégia Nacional de Defesa, tendo o Governo Federal lançado, em 17 de maio de 2018, o Decreto Nº 9.377 (posteriormente, substituído pelo Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019) que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia da referida modelagem e tem como finalidade promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e sua difusão no país.

O BIM é o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, a fim de servir a todos os participantes do empreendimento durante todo o ciclo de vida da construção. Sua utilização pretende elevar o nível de confiabilidade dos projetos e processos de planejamento e controle, gerando aumento da produtividade e economicidade, além de resultar em diminuição de custos e de riscos relacionados à construção e infraestrutura. Esse modelo tem se consolidado mundialmente como um novo paradigma no desenvolvimento de projetos e na gestão e manutenção de obras.

Dessa forma, foram definidos quatro objetivos específicos visando ao alcance do objetivo geral deste trabalho, sejam eles:

- (i) analisar os conceitos de MCDM e de BIM;
- (ii) relacionar as técnicas de MCDM e quais de seus domínios podem se relacionar ao BIM;
- (iii) demonstrar a possível interação do BIM e das MCDM com a GCV e o ALI de SD, com destaque para os meios navais; e
- (iv) identificar as estratégias que podem ser usadas para a melhoria dos projetos de obtenção de meios navais combinando MCDM com BIM.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas de Defesa: definição e sua posição no contexto nacional.

São sistemas compostos não somente por componentes físicos, mas também softwares especiais considerados como parte integrante deles, nos termos da Lei nº 12.598 (BRASIL, 2012a). Entender-se-á, portanto, como SD, "o conjunto inter-relacionado ou interativo de produtos de defesa que atendam a uma finalidade específica" (BRASIL, 2012a, cap I). Ainda, Brick (2020, p. 4) concebe SD como "a expressão, ou instrumento, por excelência, do poder é o Sistema de Defesa do país. Como todo sistema teleológico, um SD apresenta duas características distintas, mas interdependentes: operação e aparelhamento."

Uma vez que as Forças Armadas (FA) desempenham o papel fundamental nas operações de defesa, sua existência está intrinsecamente ligada à ação prévia de um sistema coordenador responsável por equipá-las e mantê-las. Tanto as FA quanto esse sistema coordenador são componentes essenciais de qualquer SD (Martins, 2006.) e, portanto, para uma atuação eficaz no cenário internacional, é crucial garantir uma perfeita harmonia e compatibilidade entre os objetivos políticos, a estratégia adotada para alcançá-los e os meios econômicos para viabilizá-los e mantê-los.

2.2 Da Logística ao Apoio Logístico Integrado.

Com raízes no universo militar, a logística emergiu da antiga descrição de Peter Drucker (1954, p. 76), o qual a via como "o continente escuro da economia" até se tornar uma das principais questões no domínio dos negócios, apresentando desafios para os gerentes e ocupando lacunas ora desconsideradas. A transição entre a relativização do conceito e seu direcionamento moderno pode ser atribuída, segundo Harrison et al. (2019), as duas principais causas: (1º) a logística é um assunto multifuncional, relativo a processos, atravessando limites funcionais e departamentais, mas com contribuições em cada um; (2º) a logística se estende além dos limites da organização para a cadeia de suprimentos; a natureza logística dos sistemas provou a necessidade de desenvolvimento de um modelo multifuncional da organização e da compreensão da necessidade de integrar processos em toda a rede de suprimentos.

Segundo Ballou (2001), a logística inclui todas as atividades importantes para a disponibilização de bens e serviços aos consumidores quando e onde estes quiserem adquiri-los. O autor desenvolve sua análise observando de que forma a administração pode tornar melhor a rentabilidade dos trabalhos dispostos aos consumidores, procurando elevar a disponibilidade, as condições, com redução do custo e retorno superior sobre os possíveis investimentos (Ballou, 2011).

Ao evoluir ainda mais, a Logística torna-se "Logística 4.0": um termo advindo da Indústria 4.0, considerada a confluência entre o "desenvolvimento da esfera de altas tecnologias e da industrialização, e pode ser entendido como a continuação lógica da expansão dessa indústria em outras áreas funcionais da organização" (BIELECKI, 2023, p. 455). Ainda segundo Bielecki (2023), a Logística 4.0 alterou significativamente os paradigmas existentes no campo da inovação que, ao combinar tecnologias, culmina por confundir as fronteiras entre os mundos físico e digital.

Assim, segundo Strandhagen et al. (2017), a troca instantânea de informações, soluções automatizadas e análise de *Big Data* em tempo real estão entre os recursos aplicados à Logística 4.0. Tais ferramentas abrem caminho para novos modelos de negócios: "o papel e a importância da informação estão mudando, como podemos ver hoje", a demanda por sustentabilidade dos negócios cria requisitos para as operações de forma que esses desafios ilustram as tendências atuais e oferecem um modelo para entender e relacionar os diferentes elementos das operações comerciais (VALLANDINGHAM, 2017).

Segundo Faria (2012), os ensinamentos advindos das experiências da II Guerra Mundial, os quais demandaram uma evolução orgânica, necessária e acelerada de tecnologias para suportar o combate e que ensejaram diversas falhas no processo, necessidades de reparos que por vezes se tornaram ineficazes ou - até - impossíveis por falta de peças, documentação, *know-how*, ferramentas, etc; conduziram o Departamento de Defesa dos EUA a preocupar-se com a previsão logística. Visando a reduzir a ocorrência de falhas e inconvenientes relacionados aos reparos dos equipamentos e sistemas durante seu emprego efetivo, foi constatado que o apoio logístico necessitaria ser considerado desde a fase de concepção dos projetos. O Departamento de Defesa Americano elaborou, então, a diretiva nº 4100.35, de título: "*Development of Integrated Logistics Support for Systems and Equipment*", em 19 de junho de 1964, considerada o marco de criação do ALI (SCOTT, 2000). Para Faria (2012), esta diretiva resultou na adoção de uma sistemática logística inovadora, com a finalidade de planejar e obter os recursos de apoio - ou requisitos físicos de apoio - antecipadamente às necessidades do elemento a ser apoiado.

Para Jones (2006), o ALI é uma metodologia de análise e de gestão de processos mundialmente aceita, aplicável a processos de obtenção de sistemas complexos, que visa preservar a capacidade operacional desse sistema durante o seu ciclo de vida, em uma relação de custo benefício aceitável. Dessa forma, o ALI compreende disciplinas técnicas que levam em conta: aspectos de apoio logístico no planejamento da manutenção; força de trabalho e pessoal; apoio de abastecimento; equipamentos de apoio e de teste; treinamento e equipamentos para treinamento; documentação técnica; acondicionamento, manuseio, transporte e armazenamento de material; instalações de apoio; confiabilidade e mantabilidade; e apoio de recursos computacionais (BRASIL, 2010, p. 2). A partir da integração desses elementos, o ALI busca obter o máximo de disponibilidade de um meio ou de um sistema a ser incorporado, durante o ciclo de vida planejado (BRASIL, 2003, p. 5-3).

Ferreira et al. (2019, p. 4) traz:

Existe um conjunto de ferramentas, como o ALI, que visa determinar antecipadamente as necessidades de manutenção e apoio a um

sistema. Consiste numa metodologia que integra as necessidades de apoio logístico na gestão de um sistema, durante a fase inicial do projeto, definindo que todos os aspectos de ordem logística necessários para prestar o apoio devem ser planejados, adquiridos, testados e fornecidos oportunamente de forma economicamente viável.

Gomes (2021, p. 22), então, complementa que - em uma análise prática do caso concreto de idealização de uma nova classe de navios:

No que tange ao ALI, a Marinha do Brasil terá acesso às análises que resultaram na elaboração dos entregáveis, fundamental para que se possa realizar, de forma otimizada, os ajustes no sistema logístico durante a fase de operação e apoio em serviço dos navios.

A Análise de Apoio Logístico pode ser considerada uma abordagem inicial na definição dos requisitos de prontidão - combinação de capacidade e disponibilidade aplicáveis a um sistema (GALLOWAY, 1996) - e suportabilidade, que serão analisados e processados em modelos matemáticos estatísticos e de análise de riscos. Os modelos estatísticos permitem uma aproximação valorada da confiabilidade, manutenibilidade e testabilidade que, segundo a norma internacional IEEE Std 610.12-1990, é a “indicação de que um sistema ou componente facilita o estabelecimento de critérios de teste e a realização de testes para determinar se esses critérios foram cumpridos”.

2.3 A fundamentação e a estrutura do conceito de Gestão do Ciclo de Vida.

Segundo Ferreira et al. (2019), o conceito de ciclo de vida está de acordo com as doutrinas do Exército Brasileiro e da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN). Elas definem o desenvolvimento do ciclo de vida em seis fases (EP, 2013, p. 4-3; OTAN, 2013, p. 1-3):

1º. Concepção: Começa com a decisão de preencher uma lacuna nas capacidades e termina com a especificação dos requisitos para a solução material que permite suprimir a mesma.

2º. Desenvolvimento: Tendo em vista a satisfação dos requisitos do utilizador, nesta fase desenvolve-se uma solução material que possa ser produzida, testada, avaliada, operada, sustentada e alienada.

3º. Produção: Consiste na produção do produto e dos seus sistemas constituintes, englobando ainda o respetivo teste. Termina, após um processo de Fiscalização, com a aceitação da solução material.

4º. Utilização: Consiste no emprego operacional do produto e na prestação dos serviços de operação necessários para que esse mesmo emprego seja contínuo e ocorra a um custo adequado.

5º. Sustentação: Garante as ações logísticas e os serviços de apoio que permitem que o equipamento em questão mantenha as condições de operacionalidade necessárias à sua utilização de forma continuada.

6º. Alienação: O equipamento é retirado do serviço, cessando assim a sua utilização e a respectiva sustentação, concluindo-se, por conseguinte, o seu CV.

Immonen e Saaksvuori (2008) entendem GCV como o controle sistemático do desenvolvimento e gestão de um produto e de toda informação associada. Para Stark (2011), a GCV é uma atividade de gestão otimizada dos produtos ao longo do seu ciclo de vida, desde a sua concepção até à saída de serviço. Face à complexidade e necessidades inerentes aos novos equipamentos militares, revela-se cada vez mais pertinente falar nessa Gestão. Gomes (2021, p. 22), por sua vez, destaca que “a GCV

trouxe novos e complexos desafios para a MB, considerando a abrangência e detalhamento dos processos que a compõem”. O ALI, nas diversas fases do ciclo de vida, requer a adequação da estrutura organizacional e está presente em todos os momentos e em qualquer atividade, desde aquelas mais corriqueiras do dia a dia até as mais complexas que envolvem milhares de pessoas e processos conforme expõe o TCU (2014c, p. 36):

A gestão é inerente e integrada aos processos organizacionais, sendo responsável pelo manejo dos recursos e poderes colocados à disposição de órgãos e entidades para a consecução de seus objetivos, enquanto a governança provê direcionamento, monitora, supervisiona e avalia a atuação da gestão.

2.4 O que são Métodos Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão e como se aplicam?

Segundo S. Elonen (2003), decisões são julgamentos baseados em informações, e informações de baixa qualidade inevitavelmente resultam em tomadas de decisão deficientes.

À medida que a tecnologia avança, a complexidade dos projetos e as informações que requerem integração também aumentam. A fragmentação do processo e as práticas tradicionais têm dificultado a assimilação adequada do conhecimento e/ou informações pelos interessados, comprometendo, assim, as decisões (NAWI ET AL., 2014).

Os modelos de suporte à tomada de decisão têm sido considerados uma tecnologia inovadora, da qual espera-se a transformação do processo tradicional de gestão da informação (EASTMAN et al., 2011). Ou seja, a integração horizontal entre vários interessados e a integração vertical da informação em diferentes estágios torna-se possível e mais palpável, o qual proporciona oportunidades para integrar a fragmentada indústria (CHANG & SHIH, 2013), contudo, a questão permanece em como integrar e utilizar informações para facilitar a tomada de decisão.

A abordagem de problemas complexos com metodologias que podem auxiliar na decisão teve maior destaque a partir de 1950. Segundo Silveira Jr. (2018), a partir da definição de pesquisa operacional - procura de valor máximo ou mínimo de uma única função submetida a um conjunto de restrições - surgiu a nova abordagem de métodos multicritérios, que são concebidos em estruturação, avaliação e recomendações. O autor conceitua a abordagem multicritério como uma metodologia que, após definido um conjunto de indicadores quantitativos e qualitativos distintos e diversos, pode ser usada tanto para apoio à decisão quanto um conjunto de técnicas analíticas. A decisão sobre como abordar cada problemática passa pela definição do paradigma a ser seguido e o método utilizado (SILVEIRA JR, 2018).

Para T. Tan et al. (2021), ao longo da última década, o MCDA começou a demonstrar suas capacidades de integrar informações técnicas e o valor de vários interessados em processos para a tomada de decisão. Ela compara e classifica esquemas de tomada de decisão integrando indicadores componentes – e frequentemente conflitantes – de todas as fontes de informação em um único indicador geral (ISHIZAKA E SIRAJ, 2018). Três passos principais compõem o MCDA: (i) definir alternativas e atributos relevantes; (ii) vincular medidas numéricas à importância relativa de diferentes atributos e ao impacto das alternativas nesses atributos; e (iii) aplicar medidas numéricas para classificar e ranquear diferentes alternativas, afirma T. Tan et al. (2021).

Para T. Tan et al. (2021), integrar informações para apoiar a tomada de decisão tem sido um desafio chave na indústria em geral; a sinergia entre a modelagem de

suporte à decisão e o MCDA, por si só, busca a melhora entre a integração de informações e a tomada de decisão. O autor ainda afirma que os cinco principais domínios de aplicação destas metodologias quando combinadas são: sustentabilidade, modernização, seleção de fornecedores, segurança e construtibilidade.

Uma amostra de artigos publicados contendo ambos os termos "risco" e "MCDA" revela uma ampla gama de práticas no que diz respeito à natureza das variáveis e operações aritméticas usadas em aplicações de MCDA no contexto de avaliação de risco. Para Keisler e Linkov (2021), em geral, o risco é representado como uma combinação de métricas relacionadas à ameaça, vulnerabilidade e consequências combinadas por uma ponderação e pontuação. Os pesos podem ser modificados de maneira sensível ao nível de ameaça (AMBRASAITTE et al., 2017; THORISSON, et al., 2017), o que cria uma relação multiplicativa com o peso das consequências e vulnerabilidade que podem ser estimadas com base em uma rede complexa de caminhos de exposição (Ruzante et al., 2010). Probabilidades derivadas dos níveis da associação podem fornecer saídas de matriz de risco para cada atributo (Catrinu & Nordgård, 2010). Somas ponderadas de critérios proxy mensuráveis para risco e benefícios podem ser usadas (RUZANTE, et al., 2017), bem como pesos correspondentes a alguma função da probabilidade de resultado adverso e a importância desse resultado (TERVONEN et al., 2011).

Ainda para Keisler e Linkov (2021), no geral, este tipo de modelo é visto como a incorporação de variáveis que são convenientemente atribuídas com relações diferenciadas - e frequentemente implícitas - à magnitude de probabilidades e severidades de interesse, mas há uma variação substancial em como essas variáveis são combinadas para formular pontuações de risco globais. O risco geral pode ser avaliado por meio de seus componentes que podem ser quantificados por métodos de classificação (CARALLI, ALLEN & WHITE, 2016), o que é conveniente, mas ambíguo quanto a se as pontuações devem ser tratadas como refletindo magnitude ou ordem de magnitude no cálculo do risco global (GANIN, et al., 2020).

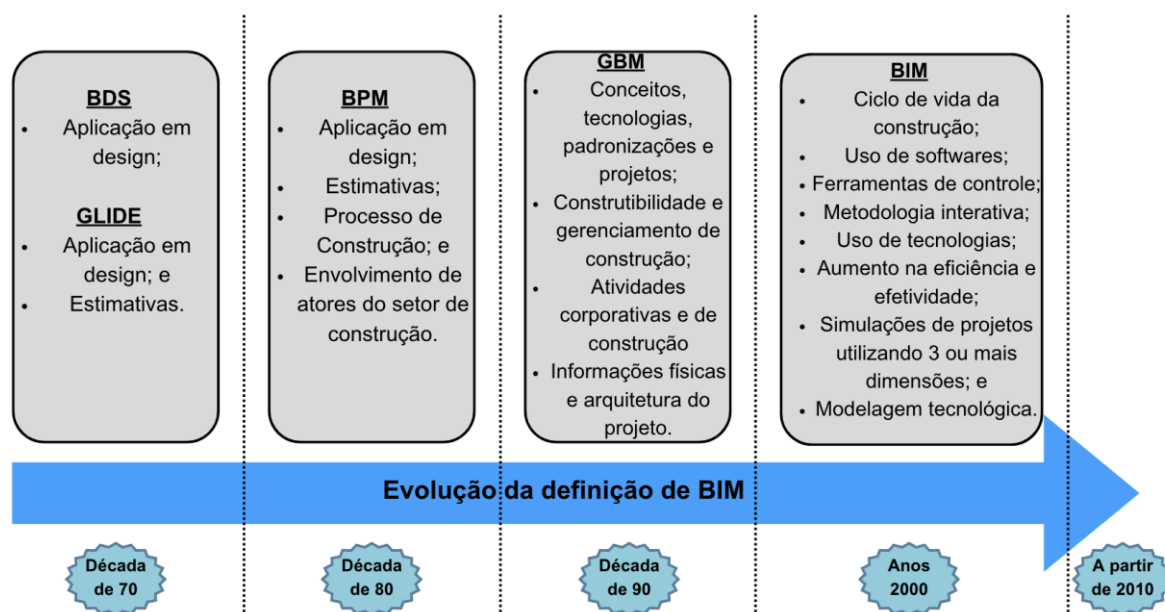
Finalmente, conclui-se o quão importante é se valer da utilização de técnicas de tomada de decisão para avaliar diversas características ou buscar soluções de conflitos em projetos estes que, em todas as suas etapas, necessitam melhorar a sua qualidade e diminuir custos (ABDEL-MALAK, et al., 2017).

2.5 Building Information Modeling.

Para Latiffi et al. (2014), a prática convencional de gerenciamento de dados e informações no âmbito da indústria de construção por vezes teve que lidar com falhas de comunicação e problemáticas envolvendo os diversos agentes e atores do processo. O BIM foi idealizado na década de 1970 pelo Professor Charles Eastman e, desde então, sua conceituação vem sendo aprimorada e ampliada. Esta metodologia busca, através do emprego coordenado de tecnologias, processos e políticas, uma interação colaborativa entre os profissionais da área da construção para que possam gerar, trocar e gerenciar os dados de uma instalação construída ao longo de seu ciclo de vida (SUCCAR, 2013).

Segundo Latiffi et al. (2013) pontuou, as principais perspectivas abordadas pelo BIM são: projeto, estimativa, processo de construção, ciclo de vida, desempenho e tecnologia. Os autores reuniram a evolução das principais características e fases dessa modelagem conforme a figuras 1 e a tabela 1 a seguir:

Figura 1 - Evolução do definição de BIM a partir de 1975.



Fonte: Latiffi et al. (2013) - traduzida e adaptada pela autora

Tabela 1 - Análise do desenvolvimento do conceito de BIM a partir de 1975

Desenvolvimento	Fases de construção			Categoria
	Pré construção	Construção	Pós Construção	
BDS	x	x		Aplicação em design.
GLIDE	x	x		Aplicação em design e estimativas.
BPM	x	x		Aplicação em design, estimativas e processo de construção.
GBM	x	x		Aplicação em design, estimativas e processo de construção.
BIM	x	x	x	Aplicação em design, estimativas, processo de construção, ciclo de vida da construção, performance e uso de tecnologias.

Fonte: Latiffi et al. (2013) - traduzida e adaptada pela autora.

Um aspecto importante abordado Rivera et al. (2019) é que a implementação do BIM busca incidir em redução de custos, realização de projetos com melhor qualidade, redução de tempo de projeto, participação em novos mercados, entre outros. Para Khodabocus e Seyis (2022), a indústria da construção passou por uma grande atualização: no passado, os métodos de construção convencionais reinavam no cronograma da indústria de arquitetura, engenharia e construção, sem muita inter-relação entre si; hoje em dia, os métodos tradicionais não mais atendem às expectativas da sociedade, ao mesmo tempo que provocam um aumento no período de construção, perda de materiais, resultados de baixa qualidade e um aumento nos custos envolvidos.

Bryde et al. (2013) dispõe que uma forma de trabalhar baseada em documentos significa que durante o ciclo de vida do projeto existe um “fluxo não estruturado de texto ou entidades gráficas”. Este fluxo não estruturado é um desafio para melhores práticas integradas, com a informação trocada ao nível do documento geralmente

“confusa, não formatada ou difícil de interpretar”. Assim, ainda para os autores, o BIM pode ser a abordagem chave a adotar para garantir que esta integração e mudança do paradigma do documento para o paradigma da base de dados integrada aconteça.

Embora o tema BIM tenha sido estudado por acadêmicos, por grupos profissionais, e, por fornecedores de software, pouca literatura de gerenciamento de projetos está focada no BIM (BRYDE, et al. 2013). Uma exceção é Allison (2010), que aborda o potencial do BIM como uma ferramenta de gerenciamento de projetos de forma mais direta e descreve 10 razões pelas quais o gerente de projeto deve defender o BIM em sua versão em 5 dimensões (5D).

O BIM 5D é tradicionalmente entendido como o BIM que inclui, além do modelo 3D – onde todas as informações, dados e documentação do projeto e do ativo devem estar em formato eletrônico - informações de agendamento (o 4º D) e informações para estimar o projeto a partir do modelo (o 5º D). Os autores apresentaram essas vantagens na Tabela 2, que pretende demonstrar as formas potenciais pelas quais o BIM pode beneficiar os gerentes de projeto:

Tabela 2 - Potenciais benefícios a aplicação do BIM em gerenciamento de projetos.

Benefícios Potenciais para o Gerenciamento de Projetos	Motivo
Organização da agenda e orçamento do projeto	Um modelo 5D integrado permite atualizar imediatamente o cronograma e o orçamento quando qualquer alteração no projeto ocorrer.
Sinergia com os projetistas	Ao usar um modelo BIM 5D integrado para visualização e exploração dos impactos das mudanças, é possível manter o escopo do projeto sob controle e se tornar um elo de ligação confiável entre os projetistas e os proprietários.
Contratação e controle dos subcontratados	Ter controle sobre detecção e coordenação de conflitos desempenha um papel fundamental para manter previsível o trabalho dos subcontratados.
Solicitações de Informações (RFIs) e pedidos de alteração	Utilizando resolução de coordenação em pré-construções, esses números podem ser levados a quase zero.
Otimização e Satisfação da experiência dos proprietários	Os proprietários recebem uma grande injeção de confiança no GCV quando o gerenciamento do projeto mostra como as decisões de projeto impactaram no custo e no cronograma.
Encerramento do projeto	Gerenciamento de projetos para apresentar a 6ª dimensão do BIM: um recurso de instalações com informações sobre garantias, especificações, cronogramas de manutenção e outras informações valiosas.
Margem de lucro	Ao compreender completamente o projeto em 5D, o gerenciamento do projeto tem mais ferramentas à sua disposição para manter o controle e mais relatórios para monitorar o progresso
Proprietários progressistas e BIM obrigatório em projetos	Tornar-se um especialista em BIM torna o gerente de projeto inestimável e um ator-chave no projeto.
Crescimento da empresa de gerenciamento de projetos	O sucesso do projeto com BIM em 5D significa a oportunidade de aumentar a reputação da empresa e ajuda a equipe corporativa a conquistar novos negócios.

Fonte: Allison (2010) - adaptada e traduzida pela autora.

O BIM utiliza as ferramentas tradicionais dos projetos de construção, coloca-as em um ambiente virtual e permite um nível de eficiência, comunicação e colaboração que excede aqueles dos processos de construção tradicionais (LEE, 2008). Portanto, a coordenação de sistemas de projetos complexos é talvez a aplicação mais popular do BIM neste momento. É um processo ideal para desenvolver técnicas de colaboração e um protocolo de compromisso entre os membros da equipa. (GRILLO & JARDIM-GONÇALVES, 2010, p. 524).

Os desafios da implementação da metodologia BIM, segundo Bryde et al. (2013) é relativamente menor e a maioria deles são focados em problemas de software ou hardware. Os autores acreditam que eles se relacionam com o gerenciamento de mudanças, dentro da organização, associado a adoção do BIM e poderia ser minimizado com capacitação profissional das equipes, bem como melhor treinamento para todas as partes interessadas. Isto permitiria um maior engajamento dos principais atores com a nova maneira de trabalhar e seus processos.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo Lakatos e Marconi (2007, p. 157), a pesquisa pode ser considerada “um procedimento formal com método de pensamento reflexivo que requer um tratamento científico e constitucional para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.”

A presente pesquisa tem caráter qualitativo, sendo possível adequar-se aos preceitos de Robert Bogdan e Sari Knopp Biklen (2007), ou seja: (1º) o ambiente natural como fonte dos dados; (2º) ser essencialmente descritiva; (3º) possuir o processo como principal fonte de evidências; e, (4º) significado de as observações ser considerado a principal preocupação, não somente os resultados.

Luna (2010, p. 24) enfatiza que a determinação e a escolha da metodologia se dão pela natureza do problema a ser pesquisado. Um procedimento não tem fundamento sem respaldo em elementos conceituais e teóricos de pesquisa que sejam identificados o problema e objetivos e, ainda, Richardson (1999, p. 80) afirma que “os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos”.

Dentro de uma perspectiva qualitativa, também será empregada a pesquisa aplicada. Uma pesquisa é tida como aplicada ao concentrar-se em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores específicos. Este tipo de estudo está empenhado na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções e responde a uma demanda formulada por clientes, atores sociais ou instituições (THIOLLENT, 2009). A distinção entre pesquisa científica e pesquisa aplicada é encontrada em diferentes disciplinas (Cooper e Schindler, 2003). Não são, entretanto, mutuamente excludentes, pois a ciência objetiva tanto o conhecimento em si mesmo quanto às contribuições práticas decorrentes desse conhecimento. Outra questão a ser colocada na definição de pesquisa aplicada diz respeito a sua capacidade de gerar impacto: este tipo de pesquisa pode ser definido como conjunto de atividades nas quais conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados, e promover, portanto, o impacto. Para tanto, espera-se analisar o conceito de MDCA, paralelamente à identificação dos benefícios do BIM e, posteriormente, explorar como essas metodologias se

relacionam para, então, esclarecer os potenciais ganhos no fomento na aplicação destes conceitos nos projetos de obtenção de meios navais.

Dessa forma, a fim de categorizar a pesquisa, a estrutura proposta por Vergara (2011) a qual avalia os estudos com base nos fins e nos meios, a pesquisa descritiva procura revelar as características específicas de uma determinada população ou fenômeno.

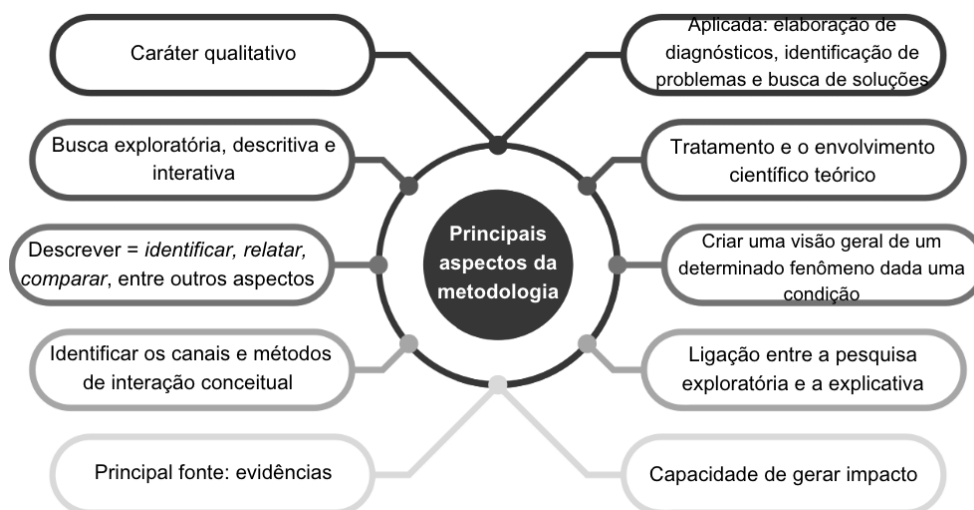
Por meio da análise da relação entre MDCA e o BIM, espera-se entender quais os principais aspectos que podem ser aplicados e como suas manifestações tecnológicas podem contribuir com a economia de recursos e a manutenção dos SD. Almeja-se, para tanto, que a abordagem descritiva acerca do tema que, para Raupp e Beuren (2004, p. 80), cabe - inclusive - para este tipo de pesquisa uma ligação entre a exploratória e a pesquisa explicativa onde “descrever significa identificar, relatar, comparar, entre outros aspectos”. Neste ponto, por existir um arcabouço teórico consolidado sobre parte do assunto, facilita o planejamento e a estruturação da abordagem complementar para todo o tema.

Além disso, o primeiro passo deste estudo foi a pesquisa bibliográfica, por meio da qual procuramos explicar o problema a partir de referenciais teóricos já publicados.

Este método foi aplicado como parte da pesquisa descritiva, conforme Cervo e Bervian (1983, p. 55), com o intuito de conhecer as contribuições existentes sobre o assunto. Assim, para este estudo, a pesquisa bibliográfica deu sustentação e contextualização para todos os aspectos logísticos que se entendam tanto como aplicações, quanto como ferramentas, conceitos e objetivos.

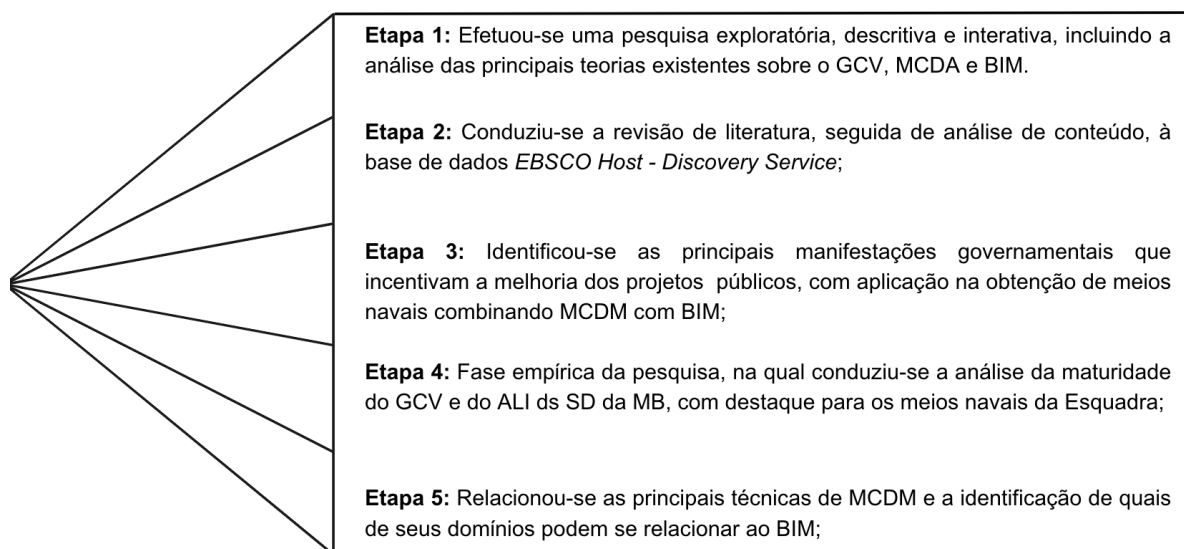
Em suma, a problemática deste estudo foi: “como” e “por quê” os benefícios da integração da MDCA com o BIM pode beneficiar o ALI na GCVSD.

Figura 2 - Principais aspectos da metodologia.



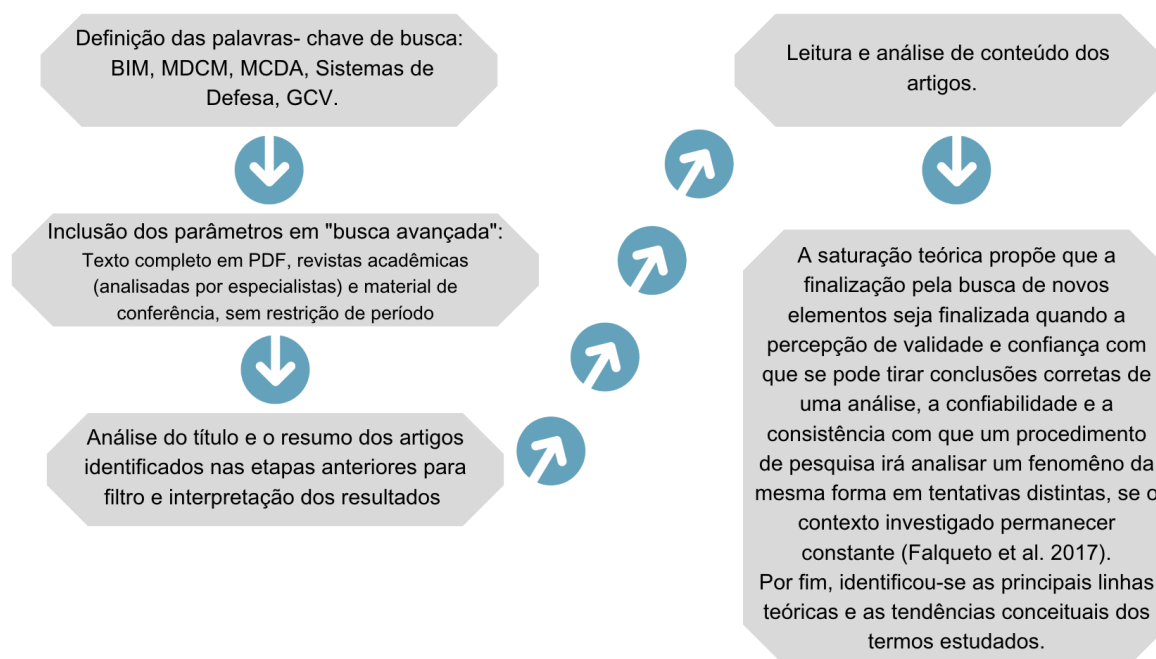
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3 - Percurso metodológico.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 - Condução da revisão da literatura e análise de conteúdo.



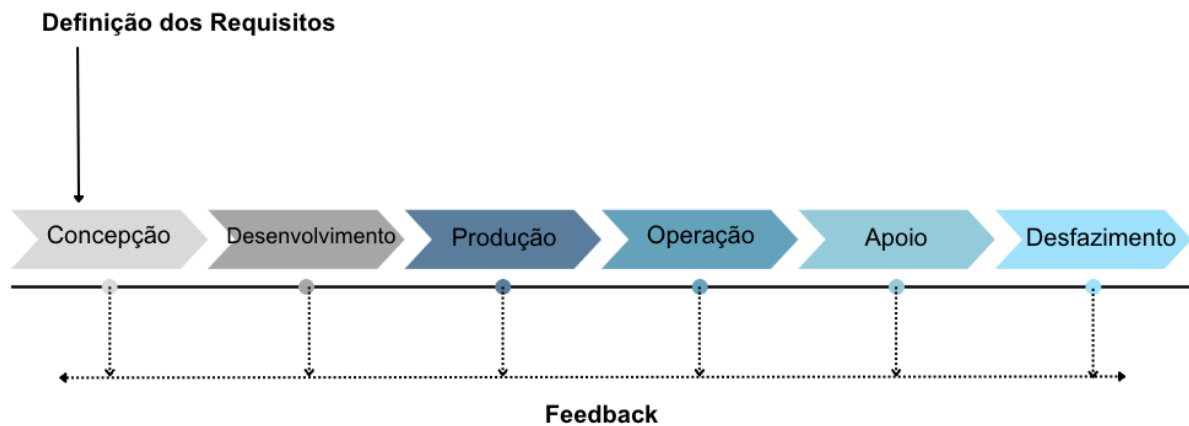
Fonte: Elaborado pela autora.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Conforme o MD40-M-01 - Manual de Boas Práticas para a GCVSD (BRASIL, 2019), é essencial considerar o ciclo de vida total ao abordar questões em nível sistêmico, especialmente se o propósito for a avaliação de riscos, associada - como um todo - ao processo de tomada de decisão.

As atividades de cada fase interagem com as atividades das fases seguintes, conforme ilustrado na Figura 5:

Figura 5 - Fases do Ciclo de Vida.



Fonte: MD40-M-01 - adaptada pela autora.

Cada uma das fases supracitadas tem o seu propósito geral definido e estruturado, e são compostas por informações iniciais - chamadas de entradas ou, do inglês, *inputs* - e por informações finais - as saídas ou *outputs*.

Os *inputs* para a fase de concepção poderão ser os requisitos operacionais, levados a termo na fase de preconcepção, a qual não integra formalmente o modelo de GCV, mas subsidia o processo.

As atividades específicas inerentes a cada fase e as durações de cada uma, podem variar, dependendo da natureza, complexidade e finalidade do sistema. A fim de viabilizar a GCVSD, a evolução poderá ser pautada pela orientação de mecanismos de acompanhamento que têm, ainda de acordo com o MD40-M-01, o objetivo do acompanhamento das práticas implementadas e instituídas pelo Governo Federal, com o objetivo de:

- I - Assegurar que as necessidades e requisitos operacionais aprovados sejam transformados em uma solução de projeto de sistema integrado por meio da consideração simultânea de todas as fases do ciclo de vida;
- II - Assegurar a interoperabilidade e integração de todas as interfaces operacionais, funcionais e físicas do sistema;
- III - garantir que a definição e o projeto do sistema reflitam os requisitos de todos os elementos do sistema: *hardware*, *software*, instalações, pessoas e dados;
- IV - Caracterizar e gerenciar riscos técnico-gerenciais;
- V - Contribuir para a capacitação da Base Industrial de Defesa (BID), a fim de que essa conquiste autonomia em tecnologias indispensáveis à Defesa;
- VI - Assegurar que o processo de engenharia de sistema seja aplicável a todas as fases do Ciclo de Vida do Sistema, mediante o trabalho cooperativo e integrado dos diversos e diferentes grupos organizacionais que nele interagem;
- VII - assegurar ênfase nos custos inerentes às fases de operação, apoio e desfazimento, visando contribuir para a minimização dos valores a serem despendidos na etapa do pós-investimento;
- VIII - assegurar acompanhamento dos custos incorridos ao longo do ciclo de vida, a fim de constituir base de dados consistente para o embasamento das estimativas de Custos do Ciclo de Vida dos Sistemas de Defesa;

IX - Garantir permanente avaliação da relação “Custo versus o Desempenho do Sistema de Defesa”, a fim de promover o refinamento da base de dados sobre Custos do Ciclo de Vida dos Sistemas de Defesa;

X - Assegurar a observância do caráter iterativo e interativo das fases que compõem o Ciclo de Vida de Sistema;

XI - Assegurar que os objetivos organizacionais sejam alcançados por meio da gestão dos ativos, em que estejam envolvidos o equilíbrio de custos, oportunidades e riscos contra o desempenho almejado dos ativos;

XII - Assegurar que durante a concepção do projeto sejam levantadas as possibilidades de obsolescência do SD a ser produzido, de forma a verificar ações mitigadoras; e

XIII - Garantir que os projetos de produção contenham em seu desenvolvimento o índice máximo de nacionalização e compensação, conforme a legislação em vigor.

À vista disto, é possível depreender que o objetivo da GCVSD está centrado no planejamento, obtenção, manutenção e na otimização das capacidades militares de defesa considerando, principalmente, critérios de desempenho, segurança, qualidade e custo.

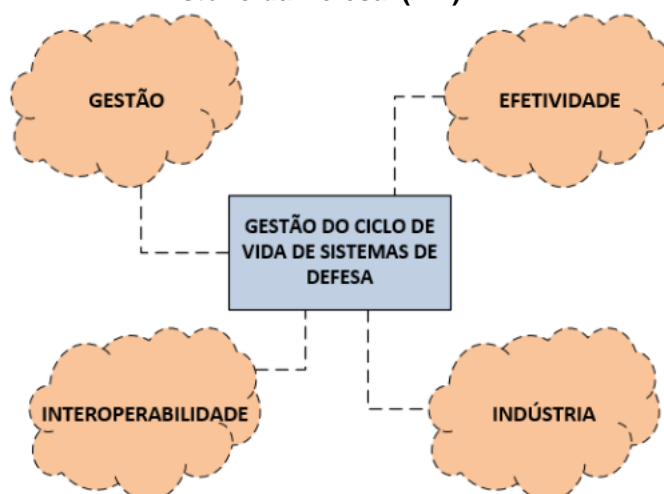
O Governo Federal, ainda, apresenta as ações entendidas como principais para o alcance desse objetivo, sejam elas:

I. Mitigar riscos, reduzir tempos de obtenção, assegurar que os SD obtidos cumpram sua finalidade, identificar, quantificar e controlar os custos da GCV; e

II. Garantir que os processos usados ao longo dos programas/projetos de obtenção de SD sejam consistentes, harmonizados, e que haja compartilhamento de recursos, informação e tecnologias de maneira efetiva e sustentável.

A GCVSD é regida por princípios consagrados na administração federal e que devem nortear efetivamente o desenvolvimento governamental de forma que caminhem junto rumo ao pleno emprego, efetivo e eficiente.

Figura 6 - Princípios da Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa no âmbito do Ministério da Defesa (MD).



Fonte: MD40-M-01

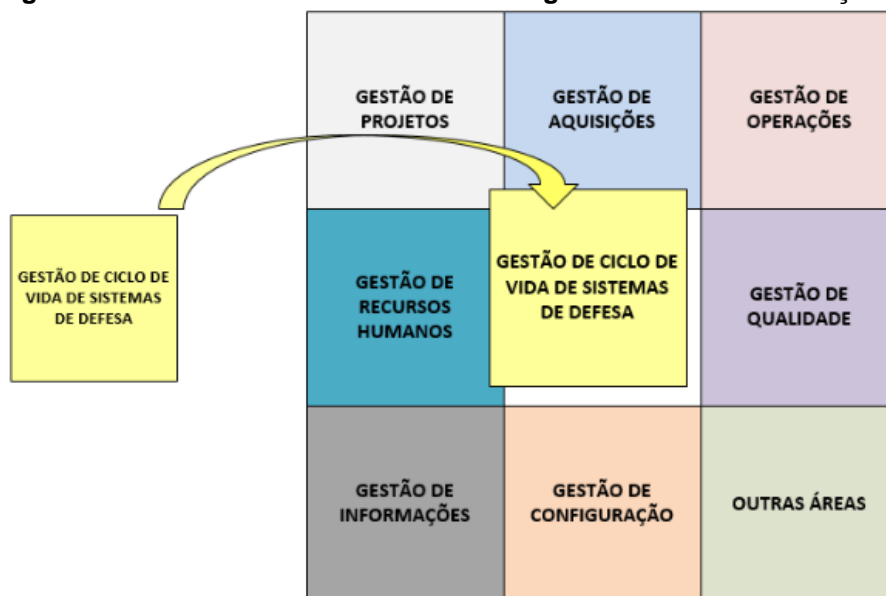
O monitoramento do ciclo de vida dos SD deve ser realizado por meio de indicadores pré-estabelecidos pela gerência do projeto, tais como: escopo, custo,

prazos, riscos, etc; e servir como parâmetro para o monitoramento do desempenho contratual durante a operação. Deverão, portanto, ser estabelecidos mecanismos de acompanhamento da evolução das atividades e processos a fim de viabilizar a adequada GCVSD.

Destes mecanismos, é importante ressaltar: (i) os Marcos de Transição entre as Fases, que permitem a tomada de decisão para transição entre elas, a partir de um conjunto de informações definidas previamente, tais como: *inputs* e critérios de sucesso; e (ii) os Pontos de Decisão/Controle, que permitem o controle da evolução das atividades e processos internos a fase.

A GCVSD, sendo um dos elementos-base de gestão no âmbito do MD, deve coexistir com o gerenciamento de outras áreas clássicas da organização, tais como: qualidade, finanças, aquisições, operações, projetos, informação, etc., culmina por completar um cenário administrativo complexo que possui diversas faces.

Figura 7 - A GCVSD como um elemento de gerenciamento das Forças Armadas.



Fonte: MD40-M-01

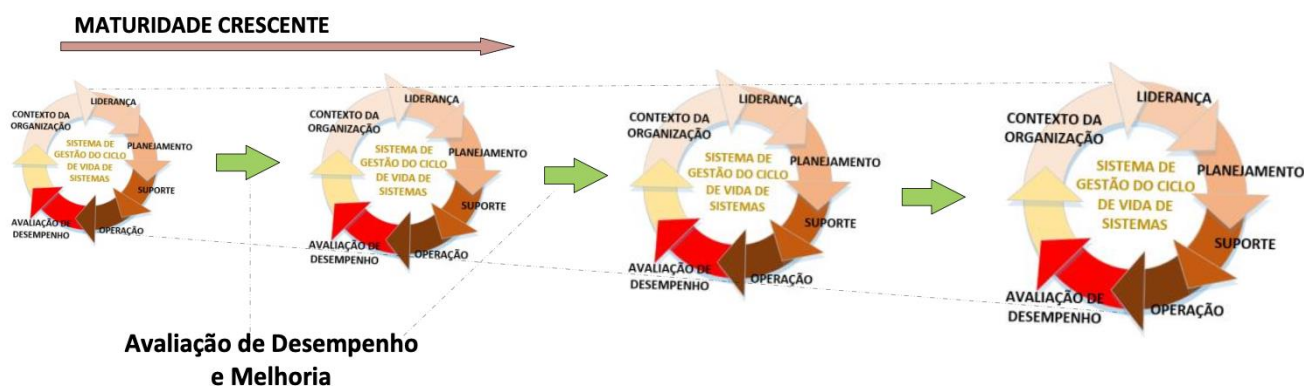
Assim, apesar de induzir seu reconhecimento como o cerne das atenções logísticas no âmbito no MD, é fundamental que a GCVSD exista de forma harmoniosa com os demais elementos apontados.

A norma ABNT NBR ISO 55001:2014 "Gestão de ativos — Sistemas de gestão — Requisitos" define como elementos para o sistema de gestão de ativos:

- I. Liderança;
- II. Planejamento;
- III. Suporte / Apoio;
- IV. Operação;
- V. Avaliação de Desempenho;
- VI. Melhoria; e
- VII. Contexto da Organização.

Tais elementos podem ser observados no contexto de SD no processo de implantação e melhoria da GCVSD em busca de uma maturidade crescente.

Figura 8 - Concentração de esforços em busca da maturidade crescente da GCVSD



Fonte: MD40-M-01

Para a MB, de acordo com o documento denominado MATERIALMARINST 33-01, de 27 de julho de 2010, o qual estabelece normas, atribui responsabilidades e identifica as ações e recursos necessários ao ALI nos meios e sistemas da Força, seja na fase de obtenção quanto nas fases de modernização ou conversão; a Tabela 3 sintetiza as aplicabilidades do ALI necessários aos meios de acordo com seu tipo de obtenção:

Tabela 3 - Aplicabilidade do ALI nos processos de obtenção da MB.

TIPO DE OBTENÇÃO	APLICABILIDADE DO ALI
Meios e sistemas a serem projetados e construídos.	Influencia diretamente o projeto.
Meios e sistemas a serem construídos, a partir de um projeto disponível.	Apenas influencia a identificação dos recursos necessários de apoio logístico.
Meios e sistemas por oportunidade.	Apenas orienta as exigências, junto ao vendedor, de documentação necessária à implantação do apoio logístico.
Equipamentos comerciais prontos (COTS).	Influencia a seleção do material e identifica os recursos necessários ao apoio logístico.

Fonte: MATERIALMARINST 33-01.

Paralelamente, seguindo a abordagem de MCDA que a apresenta como um conjunto de procedimentos ou técnicas utilizadas para avaliar e, sobretudo, priorizar alternativas de decisão com base em múltiplos critérios para que os decisores avaliem as opções existentes, as dimensões potencialmente envolvidas e, sobretudo, seus impactos; a metodologia oferece uma estrutura para incorporar medidas quantitativas e qualitativas de desempenho, permitindo a identificação da(s) alternativa(s) mais adequada(s) ou o ordenamento de acordo com as necessidades ou as condições da instituição.

Ensslin et al. (2001) ressalta que o paradigma escolhido para a metodologia multicritério é o primeiro passo da trajetória. A Tabela 4 apresenta o resumo comparativo apresentado por esses autores, principalmente por enxergarem a MDCA como uma metodologia que aperfeiçoou a maneira racionalista de decidir:

Tabela 4 - Características dos paradigmas.

Paradigma Características	Racionalista	Construtivista
Tomada de Decisão	Momento em que ocorre a escolha da solução ótima	Processo ao longo do tempo envolvendo interação entre os atores
Decisor	Totalmente racional	Dotado de sistema de valores próprio
Problema a ser resolvido	Problema real	Problema construído (cada decisor constrói seu próprio problema)
Os modelos	Representam a realidade objetiva	São ferramentas aceitas pelos decisores como úteis no Apoio à Decisão
Os resultados dos modelos	Soluções ótimas	Recomendações que visam atender aos valores dos decisores
O objetivo da modelagem	Encontrar a solução ótima	Gerar conhecimento sobre seu problema
A validade do modelo	Válido quando representa a realidade objetivamente	Válido como ferramenta de Apoio à Decisão
Preferência dos decisores	São extraídas pelo analista	São construídas com o facilitador
Forma de atuação	Tomada de Decisão	Apoio à Decisão

Fonte: Ensslin et al. (2001)

Prosseguindo com a análise, dentre as ações estratégicas em andamento na MB, o histórico de dados de obtenção de meios à Esquadra Brasileira bem representa a perspectiva favorável ao aprimoramento da cultura que predomina na MB com relação ao ALI.

É possível observar a convergência administrativa da MB, no que diz respeito à preocupação para com o ALI em seus SD, há cerca de duas décadas, ilustrada por uma orientação do Comandante da Marinha, de 2005 - as Orientações do Comandante da Marinha são denominadas "ORCOM" no âmbito da MB e constituem um documento de referência para o planejamento de curto prazo, previsto na Sistemática de Planejamento de Alto Nível da Marinha - determinou ao Setor do Material "estabelecer procedimentos para a efetiva aplicação do processo do Apoio Logístico Integrado na obtenção de novos equipamentos e sistemas na MB" (BRASIL, 2005).

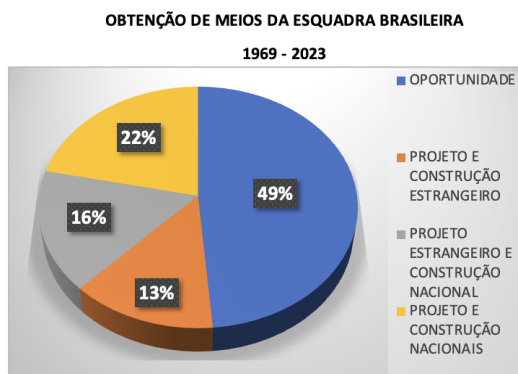
De acordo com o apresentado pelo então Capitão de Mar e Guerra Alexandre Rabello de Faria em sua monografia denominada: "A Segunda Esquadra Brasileira: uma abordagem de planejamento e gestão, sob a ótica do Apoio Logístico Integrado", a Diretoria de Engenharia Naval (DEN) incluiu cláusulas específicas atinentes ao ALI para os meios a serem adquiridos neste projeto, exigindo do construtor o fornecimento

de documentação logística completa e outros apoios. O índice de nacionalização pretendido pelos navios variava de 40% a 60% nos processos de obtenção estudados à época.

Conforme o histórico de obtenção de meios navais na MB, a partir da década de 70, obtidos na tese supracitada e atualizados pela Diretoria de Gestão de Programas da Marinha (DGePM), as aquisições por oportunidade predominam até o momento:

Tabela 5 e Gráfico 1 - obtenção de meios na MB, destinados à Esquadra Brasileira, por tipo de processo.

OBTENÇÕES DE MEIOS NAVAIS DESTINADOS À ESQUADRA BRASILEIRA		
TIPO DE OBTENÇÃO	QTD	%
OPORTUNIDADE	18	48,65%
PROJETO E CONSTRUÇÃO ESTRANGEIRO	5	13,51%
PROJETO ESTRANGEIRO E CONSTRUÇÃO NACIONAL	6	16,22%
PROJETO E CONSTRUÇÃO NACIONAIS	8	21,62%



Fonte: C-PEM 2012, DGePM - adaptados pela autora.

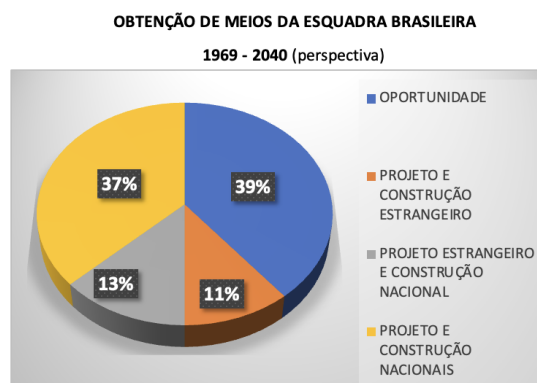
Mas, principalmente, em consideração dos projetos mais recentes de meios navais, com destaque para os programas:

- I. Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB);
- II. Programa Fragatas Classe "Tamandaré" (FCT); e o
- III. Projeto de construção do Navio de Apoio Antártico (NAPANT);

a perspectiva aproxima significativamente as porcentagens das obtenções por oportunidades e daquelas cujo projeto e a construção são nacionais:

Tabela 6 e Gráfico 2 - obtenção de meios na MB, destinados à Esquadra Brasileira, por tipo de processo.

OBTENÇÕES DE MEIOS NAVAIS DESTINADOS À ESQUADRA BRASILEIRA		
TIPO DE OBTENÇÃO	QTD	%
OPORTUNIDADE	18	39,13%
PROJETO E CONSTRUÇÃO ESTRANGEIRO	5	10,87%
PROJETO ESTRANGEIRO E CONSTRUÇÃO NACIONAL	6	13,04%
PROJETO E CONSTRUÇÃO NACIONAIS	17	36,96%

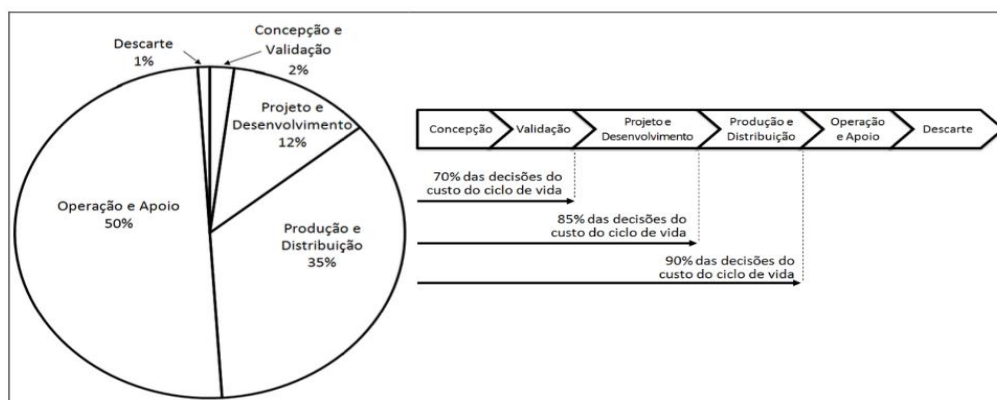


Fonte: C-PEM 2012, DGePM (adaptada pela autora).

A sustentabilidade logística de um projeto, discutida desde a sua concepção, é um aspecto fundamental no controle do custo do ciclo de vida de um sistema ou equipamento, especialmente para evidenciar se o mesmo pode ser suportado, sob o ponto de vista orçamentário da MB. Conforme registrado na Figura 9, dados

estatísticos indicam que as decisões tomadas até a solução do projeto de engenharia respondem por até 85% dos referidos custos (JONES, 2006b; VILLACOURT, 1992).

Figura 9 - Custo de posse e decisões de custo de sistemas ao longo do CV.



Fonte: JONES, 2006b, p. 2-4, 10-7.

Balancar os requisitos de desempenho e os requisitos de apoio é, pois, uma necessidade que deve ser compreendida. Trata-se de uma difícil arte, na qual o fator custo é a variável de equilíbrio (JONES, 2006b). É nesse aspecto que reside a contribuição estratégica do ALI como ferramenta indispensável à produção de soluções que atendam aos requisitos de alto nível que sejam logística e financeiramente suportáveis na GCVSD.

Bryde et al. (2012) afirma que projetos de construção complexos exigem associações interorganizacionais e, para garantir o sucesso neste quesito, a confiança entre os diferentes parceiros do projeto é reconhecida como um fator chave de sucesso. Os sistemas de informação interorganizacionais são uma forma possível de lidar com os desafios de integração, cooperação e coordenação enfrentados na construção, tais sistemas facilitam a partilha de diversos tipos de informação de forma precisa e oportuna, o que é uma chave para alcançar resultados (Maunula, 2008 e Anumba et al., 2008).

É comum que exista, principalmente naquelas instituições cujo processo de integração intersetoriais e/ou interorganizacionais esteja em fase de amadurecimento, um fluxo não estruturado de documentos e informações e, então, isso é um desafio para melhores práticas integradas, com a informação trocada ao nível do documento geralmente “confusa, não formatada ou difícil de interpretar” (AJAM et al., 2010). Ao basearmos uma forma de trabalhar simplesmente em documentos haverá - durante o ciclo de vida do projeto - um “fluxo não estruturado de texto ou entidades gráficas” (BSI, 2010, p. 2).

Para tanto, o BIM é uma filosofia de trabalho contemporânea que se insere exatamente nas lacunas de integração internas e externas de uma instituição e visa integrar engenheiros, construtores e demais profissionais envolvidos em projetos, na elaboração de um modelo virtual preciso, que gere uma base de dados tanto com informações quanto os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético, previsão de insumos e ações em todas as fases. Atualmente, existem diversos conceitos para descrever as funcionalidades do BIM, todos são complementares entre si e têm a finalidade de apresentar os princípios de modelagem da construção, os benefícios e as vantagens proporcionadas pelo uso dessa tecnologia.

A modelagem paramétrica permite a agilidade na construção e na edição dos modelos, armazenando tanto as informações do projeto quanto as especificações de materiais, suas características físicas e os custos unitários. A parametrização de

objetos permite que se estabeleçam critérios para a validação do projeto, a fim de checar a inconformidade de determinado parâmetro em relação aos padrões estabelecidos. Bryde et al. (2012) exploram até que ponto o uso do BIM resultou em benefícios em projetos de construção. Foram coletados e analisados dados de 35 projetos de construção que utilizaram o BIM, um conjunto de critérios de sucesso foi gerado e a análise de conteúdo foi usada para estabelecer o grau em que cada projeto individual atendeu a um critério. O benefício mais frequentemente relatado estava relacionado à redução e controle de custos ao longo do ciclo de vida do projeto, assim como também foram relatadas economias de tempo significativas.

O termo “critérios de sucesso” foi definido por Bryde et al. (2013) como o sucesso alcançado e que foram agrupados com base nas áreas de conhecimento exposto no Guia de Conhecimento em Gerenciamento de Projetos – PMBOK. A partir disso, a Tabela 7 a seguir ilustra os resultados alcançados na avaliação dos autores nos estudos de caso e classifica os critérios de sucesso, dentro dos benefícios positivos e negativos:

Tabela 7: Classificação do uso do BIM pelos critérios de sucesso.

Critérios de Sucesso	Benefícios Positivos			Benefícios Negativos		
	Total de casos	Número total de projetos	% do total de projetos	Total de casos	Número total de projetos	% do total de projetos
Redução ou controle de custos	29	21	60,00%	3	2	5,71%
Redução ou controle de tempo	17	12	34,29%	4	3	8,57%
Melhoria na comunicação	15	13	37,14%	0	0	0,00%
Melhoria na coordenação	14	12	34,29%	7	3	8,57%
Aumento ou controle da qualidade	13	12	34,29%	0	0	0,00%
Redução do risco negativo	8	6	17,14%	2	1	2,86%
Clareza do escopo	3	3	8,57%	0	0	0,00%
Melhoria na organização	2	2	5,71%	2	2	5,71%
Problemas de software	0	0	0,00%	9	7	20,00%

Fonte: Bryde et al. (2012)

Desta análise, os autores elencaram os critérios melhor classificados: redução e controle de custo, desempenho positivo mais relevante, demonstrado pelas afirmativas sobre a economia gerada pelo projeto realizado pela metodologia BIM na etapa de construção. Os autores evidenciam, ainda, que o custo foi o mais influenciado positivamente pela implementação do BIM, sendo acompanhado pelo tempo, comunicação, melhoria da coordenação e qualidade. Em geral, confirmaram que a utilização da metodologia BIM é uma ferramenta apropriada para tornar mais efetivo o gerenciamento de projetos.

Buscando incentivar a difusão da referida modelagem e fomentar o alcance dos benefícios envolvidos, o Governo Federal lança a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM – Estratégia BIM-BR. Esta estratégia visa permitir o levantamento de quantidades, a estimativa de custos e a realização de análises diversas (energética, acústica, estrutural etc.) antes da efetiva execução da obra. A partir de simulações é possível compatibilizar várias disciplinas, como estrutura, instalações hidráulicas, elétricas, entre outras, além de prevenir erros; corrigindo inconsistências ainda na fase de planejamento. O projeto, suas especificações técnicas e orçamento podem ser desenvolvidos de maneira coordenada e colaborativa, com significativo aumento da capacidade de visualização, análise e

compatibilização dos elementos das diferentes disciplinas dos projetos. O aprimoramento de um dos projetos (na estrutura, por exemplo) pode ser transmitido para as outras disciplinas, com todas as suas medidas, geometria e informações agregadas a essa alteração, como os materiais, as especificações, etc; permitindo a análise, a sugestão de atualizações e o ajuste das demais disciplinas e do orçamento. O BIM proporciona redução de erros de compatibilidade, otimização dos prazos, maior confiabilidade dos projetos, processos mais precisos de planejamento e controle, aumento de produtividade, diminuição de custos e riscos e economia dos recursos utilizados nas obras.

Segundo a estratégia BIM-BR reconhece, esta metodologia aumenta a confiabilidade nas estimativas de custos e no cumprimento dos prazos, reduz a incidência de erros e imprevistos, garante uma maior transparência no processo de compra e confere maior qualidade às obras. Além disso, pode ser aplicado em todo o ciclo de vida dos projetos e construções envolvidos.

As informações agregadas ao modelo virtual proporcionam ao proprietário eficiência na gestão e manutenção de ativos. O Governo Federal, com o intuito de promover a modernização e a transformação digital de seus projetos, criou - inclusive - o Comitê Estratégico de Implementação do BIM - CE-BIM - em junho de 2017, para formular uma estratégia que pudesse alinhar as ações e iniciativas do setor público e do privado, impulsionar a utilização do BIM no país, promover as mudanças necessárias e garantir um ambiente adequado para seu uso. O Ministério da Defesa é um dos ministérios componentes do referido comitê.

Dentre os resultados esperados pelo CE-BIM, tem-se, principalmente:

- I. Aumento da a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- II. Redução de prazos para conclusão de obras e projetos;
- III. Contribuição para melhoria da transparência nos processos licitatórios;
- IV. Redução de necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- V. Elevação do nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- VI. Estimulação da redução de custos existentes GCV;
- VII. Promoção da articulação internacional para o estabelecimento de parcerias e para a troca de experiências;
- VIII. Estabelecimento de parâmetros de referência entre os sistemas de classificação utilizados; e
- IX. Desenvolvimento da plataforma e da biblioteca nacional BIM.

A Plataforma BIM-BR é uma importante ferramenta de comunicação entre os atores desta metodologia proporcionando um ambiente seguro para a troca de informações, disseminação de padrões técnicos e melhores práticas, além de hospedar a Biblioteca Nacional BIM, a qual consistirá em um acervo de objetos virtuais a serem disponibilizados aos profissionais do setor.

Considerando o BIM como um instrumento de transformação digital, aderente a outras tecnologias da informação e comunicação, faz-se, então, necessário prospectar, estimular e desenvolver novas aplicações para permear a inovação produzida, desta forma, a plataforma busca também viabilizar a integração da Estratégia BIM-BR com programas governamentais correlatos fomentando algumas ações principais.

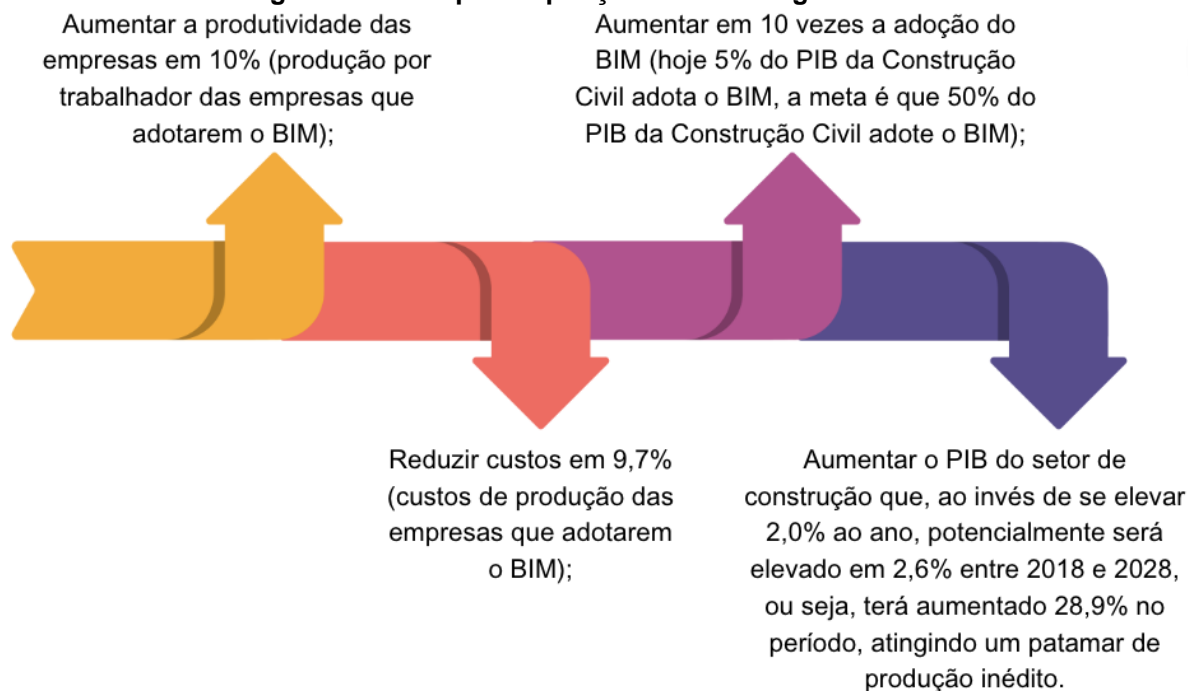
Figura 10: Principais ações previstas na Estratégia BIM-BR.



Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo pesquisa e estudos da Fundação Getúlio Vargas – FGV em 2022 e disponibilizada na plataforma BIM-BR, 9,2% das empresas do setor da construção já implantaram o BIM na sua rotina de trabalho. Estas empresas correspondem, hoje, a 5% do PIB da Construção Civil e, a partir desses indicadores, a Estratégia BIM-BR almeja:

Figura 11: Principais aspirações da Estratégia BIM-BR.



Fonte: Estratégia BIM-BR - adaptado pela autora.

O BIM tem se consolidado como um novo paradigma para o desenvolvimento de empreendimentos sobretudo de engenharia, considerando todo seu ciclo de vida, desde a concepção do projeto, o acompanhamento e controle, a realização da gestão

e da manutenção. Sua utilização aprimora muitas práticas do setor da construção e traz diversos benefícios ao mercado, tanto pelo lado daqueles que participam da cadeia de produção quanto dos proprietários e contratantes - binômio oferta e demanda.

Claramente ainda existem alguns desafios pela frente e os profissionais precisam estar cientes desses desafios para garantir que os benefícios do BIM sejam efetivamente alcançados. É necessário haver uma análise de custo/benefício rigorosa, a fim de convencer tanto os profissionais e empresas quanto aos benefícios de seu uso para subsidiar o investimento inicial. No entanto, a longo prazo, a produtividade aumenta potencialmente com o BIM e deve ser suficiente para as organizações obterem um bom Retorno sobre o Investimento ao adotar essa modelagem como estratégia.

Talvez mais difícil de abordar sejam os desafios relacionados às pessoas. Junto com a análise de custo/benefício, também é necessário que haja conscientização e aprimoramento geral dentro do projeto. Portanto, será necessário investir em educação BIM e treinamento de pessoal.

Um outro provável impulsionador para o BIM está ligado à sustentabilidade e à agenda verde: com o BIM proporcionando benefícios à medida que empresas, governo, cidadãos e outros Stakeholders exijam projetos sustentáveis construídos usando métodos adequados, essa demanda irá requerer maior interdependência, envolvimento e cooperação antecipados entre os diferentes participantes do projeto, ou seja, aqueles envolvidos em planejamento e design, construção e gestão de instalações.

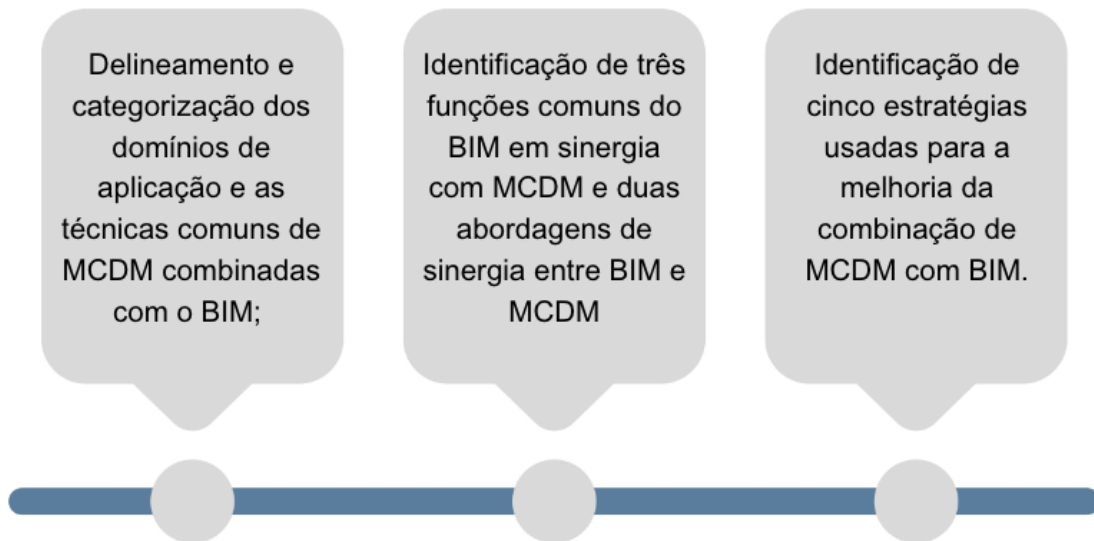
Chave para isso é uma abordagem de design integrado e um processo eficaz de engajamento das partes interessadas, que também considera as necessidades dos usuários durante a fase de design – o que o BIM usualmente facilita.

Segundo o artigo produzido por Tan et al. em 2021 chamado "Combinando métodos de tomada de decisão multicritério (MCDM) com modelagem de informações de construção (BIM): uma revisão", foram revisados 45 estudos anteriores sobre a combinação de MCDM com o BIM na indústria de projetos. As publicações selecionadas abrangem desde a literatura mais antiga - 2009 - até o material mais recente, de abril de 2020. Com um aumento significativo nos últimos dois anos, foram identificados cinco principais domínios de aplicação da combinação de MCDM com BIM:

- I. Sustentabilidade,
- II. Reforma;
- III. Seleção de fornecedores;
- IV. Segurança; e
- V. Construtibilidade.

As principais contribuições desta pesquisa podem ser resumidas em três pontos:

Figura 12: Principais contribuições da revisão realizada por Tan et al.



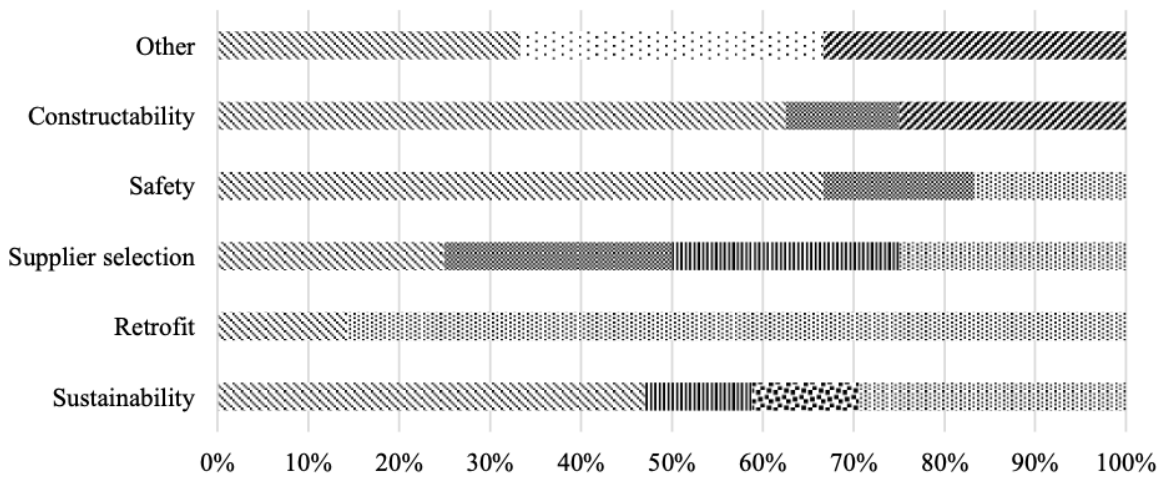
Fonte: Elaborado pela Autora.

A pesquisa identifica que os conceitos de objetivos estabelecidos por um conjunto de indicadores podem combinar MCDM e BIM para a tomada de decisão. Além disso, esta integração é teoricamente postulada como uma abordagem robusta para a tomada de decisão em vários domínios de aplicação e podem continuamente fortalecer os atributos e papéis um do outro no processo de interação profunda, formando assim uma sinergia positiva para a tomada de decisão. Esse tipo de interação advém de cinco estratégias identificadas no estudo:

- I. Definir o objetivo da tomada de decisão por um conjunto de indicadores racionais;
- II. Exercer plenamente a função do BIM;
- III. Projetar especificamente as abordagens de sinergia entre BIM e MCDM para problemas-alvo;
- IV. Adotar técnicas de MCDM correspondentes e métodos de coleta de dados para se adaptar às características de diferentes estágios de construção; e
- V. Otimizar a riqueza de informações do BIM para satisfazer os requisitos das técnicas de MCDM aplicadas.

Existe uma tendência crescente de combinar MCDM com BIM na última década e as principais técnicas de MCDM utilizadas são:

Gráfico 3: Categorização de domínios de aplicação BIM pela técnica MCDM.



⊗ AHP :: ANP ⊠ AHP+TOPSIS ⊘ AHP+MAUT ≡ Fuzzy+TOPSIS ⊕ Fuzzy+PROMETHE ≡ Other methods

Fonte: Tan et al. (2021).

Foram propostas cinco estratégias para a combinação bem-sucedida de MCDM com BIM: (i) estabelecer multicritérios razoáveis para o problema-alvo; (ii) explorar plenamente as funções do BIM no processo de MCDM; (iii) colaborar entre BIM e MCDM para o problema-alvo; (iv) identificar técnicas de MCDM e métodos de coleta de dados com base nas características das fases da construção; (v) otimizar a riqueza de informações do BIM para se adaptar às técnicas de MCDM.

O artigo sugere que o potencial de sinergia entre MCDM e BIM é promissor em muitos domínios de GCV e, também, de conceitos abstratos como sustentabilidade, construtibilidade e gestão de segurança - usualmente definidos como conjuntos de indicadores para lidar com problemas práticos.

Finalmente, a integração entre MCDM e BIM pode contribuir e substanciar a avaliação nos processos decisórios de obtenção de meios navais principalmente por sustentar: (i) uma tomada de decisão informada, onde um possível modelo detalhado e digital do navio pode oferecer informações precisas sobre estrutura, desempenho e sistemas – considerando diversos critérios; (ii) a análise de cenários complexos, onde os SD carecem de uma visualização holística de seus diversos elementos; (iii) a otimização de recursos frente à possível escassez de recursos e matéria prima – onde a MDCA permite avaliar a eficiência de diferentes possibilidades de alocações dado os impactos suportáveis; (iv) a colaboração interdisciplinar uma vez que a natureza integrativa do BIM facilita este processo e o MDCA complementa-a com um *framework* capaz de incorporar perspectivas diversas e objetivos múltiplos; (v) sustentabilidade e manutenção a partir de uma simulação do ciclo de vida do Navio, incluindo as peculiaridades de cada tipo de operação, considerando impactos ambientais e a disponibilidade pretendida; (vi) a gestão de riscos no *design* e construção, principalmente na identificação de riscos e avaliação de probabilidades e impactos potenciais; e, por fim, (vii) a flexibilidade e atualizações futuras do projeto, assegurando que as escolhas estejam sempre alinhadas com os objetivos operacionais e estratégicos da Força.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise realizada, é possível reconhecer a sinergia entre MCDM e BIM como evidência da relevância dessas estratégias para a otimização da GCVSD. A pesquisa qualitativa e bibliográfica forneceu um panorama capaz de apontar os potenciais benefícios da aplicação destas metodologias quando alinhadas às tecnologias, em busca da promoção de uma gestão mais eficiente e econômica.

A combinação de MCDM e BIM tem o potencial de subsidiar uma melhor tomada de decisões estratégicas em projetos de engenharia, principalmente no contexto da obtenção de meios navais, onde inúmeros fatores podem ser considerados críticos, demandando precisão e gerenciamento de recursos de forma assertiva.

Apesar dos benefícios evidenciados e da convergência administrativa governamental para as referidas práticas, a análise conceitual identificou que ainda existem desafios a serem superados, principalmente no que se refere à capacitação de profissionais e à integração dos processos e informações dos projetos.

Foram apontadas as principais técnicas de MCDM e quais de seus domínios se relacionam ao BIM, culminando na identificação de estratégias que podem ser usadas para a melhoria dos projetos de obtenção de meios navais.

Em conclusão, este estudo buscou identificar a relação existente de interação entre MCDM e BIM, mas também expande o entendimento de sua aplicabilidade na GCVSD, com um enfoque na eficiência operacional e na sustentabilidade. A adoção dessas metodologias integradas representa um passo em direção a uma gestão mais estratégica e inovadora, que deve ser continuamente fomentada para atender às crescentes demandas de um ambiente de defesa em rápida evolução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-MALAK, F. F.; ISSA, U. H.; MIKY, Y. H.; OSMAN, E. A. Applying decision-making techniques to civil engineering projects. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 326–331, dez. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314853517300367>. Acesso em: 05/11/2023.

AIRES, R. F. de F.; FERREIRA, L. The rank reversal problem in multi-criteria decision making: A literature review. **Pesquisa Operacional**. vol. 38, n. 2, p. 331-362, mai. - ago. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/BPwgsywPZqgctBDcfPXxczg/?lang=en>. Acesso em: 05/11/2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2018.038.02.0331>

AKSU, Merve; OFLUOGLU, Salih. A proposal of a BIM and AR Integrated Application Against Risk in Construction Projects. In: Advances in Building Information Modeling: Second Eurasian BIM Forum. EBF: Istanbul, Turkey, 2021.

AMBRASAITIS, I.; BARFORD, M.; SALLING, K. MDCA and risk analysis in transport infrastructure appraisals: The rail baltica case. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 20 p. 944-953, dez. 2011. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/251713208_MCDA_and_Risk_Analysis_in_Transport_Infrastructure_Appraisals_the_Rail_Baltica_Case. Acesso em: 04/11/2023. DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.08.103

ANUMBA, C. J.; ISSA, R.R.A.; PAN, J.; MUTIS, I., Ontodology-based information and knowledge management in construction. **Construction Innovation: Information, Process, Management**. v. 8, n. 3, p. 218-239, jul. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235303009_Ontology-Based_Information_and_Knowledge_Management_in_Construction/citation/download. Acesso em: 30/10/2023. DOI: 10.1108/14714170810888976

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 55001: Gestão de ativos - Sistemas de Gestão - Requisitos. Rio de Janeiro. 16p. 2014.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA-400**: Manual de Logística da Marinha (Rev 2, Mod 1). Brasília, 2003.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD35-G-01**: Glossário das Forças Armadas. 5. ed. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. **MD40-M-01**: Manual de Boas Práticas para a Gestão do Ciclo de Vida de Sistemas de Defesa. 1. ed. Brasília, DF, 2019.

BRYDE, David; BROQUETAS, Martí; VOLM, Jugen. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). **International Journal of Project Management**. v. 31, n. 7, p. 971-980, out. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786312001779>. Acesso em: 05/11/2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>

BUSQUIM E SILVA, R. C.; SILVEIRA JÚNIOR, A.; GOUVEIA DANTAS, G. H. Avaliação Multicritério Da Utilização Da Metodologia Bim Na Diretoria De Projetos De Engenharia Do Exército Brasileiro. **Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)**, Curitiba, v. 15, n. 6, p. 1-22, dez. 2022. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/577>. Acesso em: 5 nov. 2023.

CARALLI, R. A.; ALLEN, J. H.; WHITE, D. W. **CERT resilience management model-CERT-RMM**: A maturity model for managing operational resilience. Boston, MA: Addison-Wesley, 2016.

CHANG, Y. F.; SHIH, S.-G. BIM-based computer-aided architectural design. **Computer-Aided Design and Applications**, v. 10, n. 1, p. 97-109, ago. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261682719_BIM-based_Computer-Aided_Architectural_Design. Acesso em: 30/10/2023. DOI: 10.3722/cadaps.2013.97-109

EASTMAN, C.M; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook**: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

ELONEN, S.; ARTTO, K.A. Problems in managing internal development projects in multiproject environments. **International Journal of Project Management**, v. 21, n. 6, p. 395-402, ago. 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00097-2)

ENSSLIN, L.; NETO, G. M.; NORONHA, S. M. D. Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001.

FALQUETO, Junia maria zandonade; HOFFMAN, V. E.; FARIAS, J. S. (2018). Saturação Teórica em Pesquisas Qualitativas: Relato de uma Experiência de Aplicação em Estudo na Área de Administração. **Revista de Ciências da Administração**, v. 20, n. 52, p. 40–53, dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/2175-8077.2018V20n52p40>. Acesso em: 05/11/2023. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2018V20n52p40>

GANIN, A. A.; QUACH, P.; PANWAR, M.; COLLIER, Z. A.; KEISLER, J. M.; MARCHESE, D.; LINKOV, I. Multicriteria Decision Framework for Cybersecurity Risk Assessment and Management. **Risk Anal.** v. 40, n. 1, p. 183-199, jan. 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28873246/>. Acesso em: 01/11/2023.

GULAMHUSEIN, Azmina; BOLPAGNI, Marzia. Building Information Modelling (BIM) and Smart Cities: The Roles of Governance, Regulations and Policies. In: Advances in Building Information Modeling: Second Eurasian BIM Forum. EBF: Istanbul, Turkey, 2021.

HATAMI-MARBINI, A.; TAVANA, M. An extension of the Electre I method for group decision-making under a fuzzy environment. **Omega**, v. 39, n. 4, p. 373-386, ago. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305048310001039>. Acesso: 01/11/2023.

HOBDDAY, M. Product complexity, innovation and industrial organisation. **Research Policy**, v. 26, n. 6, p. 689–710, fev. 1998. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733397000449?via%3DiHub>. acesso em: 30/10/2023. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(97\)00044-9](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(97)00044-9).

ISHIZAKA, A.; SIRAJ, S. Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. **European Journal of Operational Research**. v. 264, n. 2, p. 462-471, jan. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221717304885>. Acesso em: 01/11/2023.

JONES, James V. **Integrated Logistics Handbook**. 3 ed. McGraw-Hill: New York, 2006a. 528 p. Livro digital.

JONES, James V. **Supportability Engineering Handbook: implementation, measurement and management**. McGraw-Hill: New York, 2006b. 400 p. Livro digital.

KEISLER, J. M.; LINKOV, I. Use and Misuse of MCDA to Support Decision Making Informed by Risk. **Risk Analysis: An International Journal**, v. 41, n. 9, p. 1513–1521, set. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33174246/>. Acesso em: 03 out. 2023. DOI: [10.1111/risa.13631](https://doi.org/10.1111/risa.13631)

LATIFFI, A. A.; BRAHIM, J.; FATHI, M. S. The development of building information modeling (BIM) definition. **Applied Mechanics and Materials**, v. 567, p. 625-630, jun. 2014. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/264993253_The_Development_of_Building_Information_Modeling_BIM_Definition. Acesso em: 30/10/2023. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.567.625

MALEKI H.; ZAHIR S. A Comprehensive Literature Review of the Rank Reversal Phenomenon in the Analytic Hierarchy Process. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 20, n. 3-4, p. 141–155, mai. - ago. 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/mcda.1479>. Acesso em: 30/10/2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/mcda.1479>

MAUNULA, A.; RIITTA, Smeds; HIRVENSALO, Antero. The implementation of Building Information Modeling- A Process Perspective. **Innovations in Networks - Proceedings of the APMS**, p. 379- 386, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288247883_Implementation_of_Building_Information_Modeling_BIM_-_A_process_perspective. Acesso em: 30/10/2023.

NAWI, M.N.M.; LEE, A.; AZMAN, M.N.A.; KAMAR, K.A.M. Fragmentation issue in Malaysian industrialised building system (IBS) projects. **Journal of Engineering Science and Technology**, v. 9, n. 1, p. 97-106, fev. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/285983698_Fragmentation_issue_in_Malaysian_industrialised_building_system_IBS_projects. Acesso em: 30/10/2023.

PEREIRA, F. de C.; COSTA, H. G.; PEREIRA, V. (2017). Patent filings versus articles published: A review of the literature in the context of Multicriteria Decision Aid. **World Patent Information**. V. 50, p. 14-26, set. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0172219016300400>. Acesso: 30/10/2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2017.07.003>

RIVERA, F. M.; VIELMA, J. C.; HERRERA, R. F.; CARVALHO, J. Methodology for building information modeling (BIM) implementation in structural engineering companies (SECs). **Advances in Civil Engineering**, v. 2019, p. 1–16, fev. 2019. Disponível em: https://www.hindawi.com/journals/ace/2019/8452461/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=HDW_MRKT_GBL_SUB_ADWO_PAIDYNA_SPEC_X_x005F_X0000_Feb2023&gclid=Cj0KCQiAjMKqBhCgARIsAPDgWlw61kW0tYEIgcQykZdnp4oGGwJV5TB3ztEB-8Hwg83lwywRcHubhQQaArDvEALw_wcB. Acesso em: 05/11/2023. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/8452461>

SILVA, Alex Rosa da. **Proposta de um instrumento para investigação da possibilidade de implantação da estratégia BIM Br em empreendimentos públicos**. 2022. 77 f. Monografia. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2022.

SILVEIRA JR, A. **Cabotagem brasileira: uma abordagem multicritério**. Curitiba: Appris, 2018.

SUCCAR, B. **Building information modelling: conceptual constructs and performance improvement tools**. Callaghan, NSW: University of Newcastle, 2013.

TAN, T.; MILLS, G.; PAPADONIKOLAKI, E.; LIU, Z. Combining multi-criteria decision making (MCDM) methods with building information modelling (BIM): A review.

Automation in Construction, v. 121, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580520310311>. Acesso em: 5/11/2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103451>

THORISSON, H.; LAMBERT, J.; CARDENAS, J.; LINKVOV, I. Resilience analytics with application to power grid of a developing region. **Risk Analysis**, v. 37, n. 7, p. 1268–1286, jul. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27689783/>. Acesso em: 02/11/2023. DOI: [10.1111/risa.12711](https://doi.org/10.1111/risa.12711).

VILLACOURT, Mario. **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry**. SEMATECH: Austin, EUA, 1992. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/3574368/failure-mode-and-effects-analysis-fmea-a-guide-for-sematech>. Acesso em 02 nov. 2023.

WANG, X.; TRIANTAPHYLLOU, E. Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods. **Omega**, v. 36, n. 1, p. 45–63, fev. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305048305001696>. Acesso: 01/11/2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.12.003>.