

# UTILIZAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM VISTORIAS E INSPEÇÕES NAVAIS NO BRASIL

Pedro Henrique Lopes Tinoco

<https://orcid.org/0009-0002-4171-3659>

## RESUMO

A Engenharia Reversa foi usada de forma ampla pelos japoneses na época da pós Segunda Guerra Mundial. No entanto, naquele tempo, o processo de desconstruir e reconstruir os produtos analisados era quase que completamente artesanal. A Engenharia Reversa (ER) consiste em uma técnica caracterizada pela reprodução de um modelo físico, para que ocorra a sua transformação em um modelo digital, isto é, o processo de criação de um produto com base em um semelhante que já existe. O objetivo do presente artigo é apresentar as tecnologias utilizadas em vistorias e inspeções navais no Brasil. Para o desenvolvimento desse estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica quantitativa em livros, artigos científicos, monografias e demais textos já publicados com relação ao tema discutido. A manutenção de instrumentos e objetos navais é extremamente importante para diversas atividades realizadas pela Marinha. Em diversos casos de manutenção, é necessária a substituição de peças, que podem não ser encontradas, que geram custos e leva a demora no reparo. Por isso, a utilização de impressoras 3D pode solucionar diversos problemas.

## Palavras-chave

Engenharia Reversa. Tecnologias. Manutenção. Setor Naval. Vistoria Naval.

## USE OF NEW TECHNOLOGIES IN NAVAL SURVEYS AND INSPECTIONS IN BRAZIL

## ABSTRACT

Reverse Engineering was widely used by the Japanese in the post-World War II era. However, at that time, the process of deconstructing and reconstructing the analyzed products was almost completely artisanal. Reverse Engineering (RE) consists of a technique characterized by the reproduction of a physical model, so that it can be transformed into a digital model, that is, the process of creating a product based on a similar one that already exists. The objective of this article is to present the technologies used in naval surveys and inspections in Brazil. To develop this study, a quantitative bibliographical research was carried out in books, scientific articles, monographs and other texts already published in relation to the topic discussed. The maintenance of naval instruments and objects is extremely important for various activities carried out by the Navy. In several maintenance cases, it is necessary to replace parts, which may not be found, which generates costs and leads to delays in repairs. Therefore, the use of 3D printers can solve several problems.

## Keywords

Reverse engineering. Technologies. Maintenance. Naval Sector. Naval Inspection.

Submetido em: 03/05/2024 – Aprovado em: 21/05/2024 – Publicado em: 21/05/2024



## 1 INTRODUÇÃO

Em 1950, depois da Segunda Guerra Mundial e no começo da Terceira Revolução Industrial, a Engenharia Reversa (ER) veio com o objetivo de gerar a competitividade entre outras organizações de modo que, quando uma mercadoria era lançada por uma empresa, a concorrente tinha a necessidade de fazer o lançamento de um produto idêntico ou semelhante ao replicado, com o propósito de assegurar espaço no mercado industrial e, conseqüentemente, uma maximização na quantidade de vendas.

Há dois tipos de abordagem para a Engenharia Reversa. A primeira consiste na aplicação da ER nos produtos da própria empresa, com o propósito de aprimorá-los. A segunda consiste na aplicação da ER nos produtos da concorrência, com a intenção de compreender dos princípios de funcionamento e a maneira que a tecnologia disponível é utilizada.

Dentre as técnicas principais existentes para desenvolver ou adaptar os produtos está a Engenharia Reversa, sendo um tema pouco difundido e abordado nos países que gera tecnologia por ser confundido frequentemente com a cópia ilegal de produtos. A ER é considerada uma técnica de desenvolvimento de produtos onde se tem como ponto de partida um produto (ou protótipo) que já foi construído e são aplicadas a ele etapas do PDP na ordem inversa.

O processo de manutenção de meios navais da Marinha do Brasil é extremamente importante, por isso, foi desenvolvida impressão 3D para facilitar a solução das questões apresentadas. Com a impressão 3D podem ser fabricados objetos faltantes e que sejam necessários para a manutenção no setor naval.

A impressão 3D consiste em uma tecnologia simples, aparentemente, no entanto, revolucionária. A utilização desse novo método de manufatura tem capacidade para descentralizar a produção fazendo a aproximação dos centros de consumo dos centros de produção. Este comportamento novo vai diminuir os custos com relação a cadeia de suprimentos.

Uma outra vantagem imediata de utilização da tecnologia é a modificação na relação existente entre a complexidade e o custo da peça.

A impressão 3D possibilita a manufatura de objetos com maior complexidade sem elevar o custo por unidade. Esse novo paradigma pode possibilitar a fabricação de estruturas, por exemplo, que a forma mais complexa possui mais eficiência, mas não são produzidas porque são inviáveis economicamente.

Mesmo com todas as vantagens apresentadas, a impressão 3D é ainda pouco explorada pelos setores que integram o mercado naval brasileiro, mantendo o setor mais distante das soluções da aplicação presente e futura que pode ser oferecida por essa tecnologia. Por isso, pode ser essencial procurar por aplicações dessa tecnologia no setor naval.

Para tanto, este estudo tem como objetivo apresentar de que forma a engenharia reversa pode ser utilizada a favor do setor naval. Além disso, conceituar o que é engenharia reversa e exemplificar os tipos de manutenção que são realizadas no setor naval.

A fabricação de produtos por meio da impressão 3D traz diversos benefícios, como custos menores, melhoria dos projetos, customização de produto, sustentabilidade, modelos novos de negócio, dentre outros.

Para o desenvolvimento desse estudo foi realizada uma pesquisa bibliográfica quantitativa em livros, artigos científicos, monografias e demais textos já publicados com relação ao tema discutido.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A Engenharia Reversa (ER) consiste em uma técnica caracterizada pela reprodução de um modelo físico, para que ocorra a sua transformação em um modelo digital, isto é, o processo de criação de um produto com base em um semelhante que já existe (SOUZA; ULBRICH, 2009; SOKOVIC; KOPAC, 2005).

Ingle (1994) define a Engenharia Reversa como sendo um processo de desmontagem de um determinado produto, com o intuito de estabelecer como esse produto foi projetado ou desenvolvido, dos seus componentes ao produto final. Tal abordagem defende com clareza a aplicação da Engenharia Reversa com o propósito de criar um produto com maior proximidade possível do original com investimento baixo garantindo a geração de lucro para a instituição.

Segundo Hautsch (2009), ocorre o apoderamento de dados, por parte da Engenharia Reversa, levantados nos estudos práticos para aprimorar as tecnologias ou replicar os produtos com modificações que podem ter o impulsionamento do mercado a ser distribuído ou devido a uma necessidade a ser atendida.

De acordo com Silva et al. (2005), o resultado aguardado pelo uso de ER é o alcance de um produto próximo o suficiente daquele que já foi testado e é conhecido pelo mercado. Porém, aquele produto precisa ser diferente suficientemente, levando em consideração otimizações, adequações e melhorias. Esse caminho reduz o risco de haver falhas nos projetos.

A Engenharia Reversa foi usada de forma ampla pelos japoneses na época da pós Segunda Guerra Mundial. No entanto, naquele tempo, o processo de desconstruir e reconstruir os produtos analisados era quase que completamente artesanal. Com o progresso da tecnologia, ocorreu o advento de meios informatizados para o suporte do desenvolvimento de produtos, inclusive o escâner 3D e os sistemas CAD (MURY, 2000).

No ano de 1989, a Marinha norte-americana usou um equipamento que realizava a geração de um arquivo de dados em formato 3D, a partir do escaneamento de uma peça. Na área bélica é habitual que os dados técnicos dos componentes não sejam disponibilizados ou mantidos em sigilo por parte dos fabricantes. Dessa forma, a Marinha norte-americana foi a primeira a ter interesse na diminuição do tempo que era necessário para substituir ou reparar peças, a partir daquelas que já existiam. O uso da Engenharia Reversa por parte da Marinha norte-americana tinha o intuito de reduzir a sua dependência pelas informações advindas de fornecedores e fabricantes (MURY, 2000).

A partir dos anos 1990, segundo Mury (2000), dois fatores passaram a auxiliar na divulgação dessa técnica: a crescente redução do ciclo de vida dos produtos, que acaba obrigando as instituições a desenvolverem produtos novos com maior frequência e rapidez e a utilização de ferramentas de computação gráfica novas, como a precisão maior dos sistemas CAD e as novas tecnologias de digitalização.

De acordo com Puntambekar (1994), mesmo que o processo de Engenharia Reversa que tem início com um modelo físico e finaliza com um modelo CAD que é aparente ser considerado o oposto do processo de manufatura convencional, são muito semelhantes os conceitos globais.

A diferença principal destacada diz respeito ao fato do protótipo que existe na ER incorporar a especificação do produto em uma manufatura convencional a digitalização e a precisão maior dos sistemas CAD.

### *2.1 As etapas da Engenharia Reversa*

Segundo Souza e Ulbrich (2009), a Engenharia reversa pode ter sua divisão feita em duas fases: a digitalização do produto e a reconstrução do modelo CAD tem como base os dados digitalizados.

A digitalização do produto consiste no processo que realiza a aquisição de dados, sendo consideradas as informações das coordenadas geométricas dos produtos. A captura dos dados é feita por meio de um sistema formado por hardware e software e é gerado como uma nuvem de pontos digitalizados como resultado ou uma malha triangular com a forma digitalizada.

De acordo com Souza e Ulbrich (2009), o conceito de digitalização engloba especialmente o aspecto de captura das informações baseado em pontos em um espaço 3D. O espaço no qual o modelo físico está tem sua referência a um sistema de coordenadas cartesianas. As funcionalidades principais de um equipamento de digitalização exigidas são: a evitar a velocidade de trabalho e estragos no protótipo.

A digitalização é considerada um processo de captura de coordenadas de pontos presentes nas superfícies da peça. O processo de digitalização tem como resultado uma nuvem de pontos 2D ou 3D que são armazenados como uma imagem (DONG-FAN, 1996). Geralmente, na digitalização ocorre a obtenção de uma nuvem de pontos, cuja distância entre eles é de extrema importância para que seja obtida a captura com satisfação da superfície, principalmente nas regiões em que existe a modificação rápida de curvatura.

O processo de digitalização é dividido por Souza e Ulbrich (2009) em cinco fases. A primeira delas é a aquisição de dados, que acontece no decorrer do processo de digitalização, sendo realizadas diversas tomadas de pontos. Isto significa que o equipamento possui um certo alcance, podendo cobrir ou não toda a superfície do modo de uma vez só.

Quando todo o modelo não é coberto pelo ângulo de atuação do equipamento, é necessária outra toda de pontos. Também são registradas referências para que a posição dessas diversas varreduras possa ser certo. Esta fase tem como resultado uma nuvem densa de pontos composta por diversas tomadas em ângulos de visão distintos.

A segunda é o registro de referências que tem responsabilidade pela criação de registros que viabilizem a combinação dos pontos levantados no modelo. Esses registros podem ser os pontos de referências que são comuns entre as camadas ou referências de registros postas sobre o modelo, como marcas ou esferas com centros de círculos. Os registros mínimos necessários para que sejam juntadas duas tomadas de digitalização possui três pontos. O intuito da captura dessas referências é o fornecimento de informações para realizar o alinhamento entre as camadas digitalizadas.

A terceira é a criação de uma malha triangular única feita depois de alinhadas todas as tomadas de pontos. Tem início o processo de união e de diminuição de regiões sobrepostas. São unidas as vistas em um único modelo, sendo simplificada sua malha contendo todos os pontos digitalizados.

A quarta é o retrabalho da malha que fecha as lacunas e faz a eliminação dos ruídos. Em vários casos, a sobreposição das camadas pode ter regiões de acesso difícil, impossibilitando a captura de furos ou pontos de processo, que são desnecessários para construir o modelo. Essa fase é denominada de retrabalho da malha porque o usuário tem uma interação com a digitalização alterando sua composição atual.

É necessária muita cautela nessa fase para que não sejam eliminadas ou acrescentadas regiões que não são correspondentes ao modelo original. O ideal é preencher somente os furos ou lacunas da malha e apagar os ruídos, isto é, as regiões que são digitalizadas, porém, que não integram o modelo original.

A quinta e última fase é a suavização da malha triangular que faz a geração de uma representação nova da nuvem de pontos com base nos vértices dos triângulos e das orientações de direção. Os erros dimensionais, como erros de calibração, de registro e ruídos podem ter sua eliminação feita sem a destruição da geometria do objeto. Para que isso ocorra a malha precisa passar pela fase de suavização, que é a construção da malha levando em consideração um desvio médio entre os pontos que integram uma certa região.

Duas etapas semelhantes são apresentadas por Karbacher (2001) e acrescentada uma etapa adicional àquelas descritas antes: a reconstrução das cores. Ela é considerada a reconstrução das cores do objeto digitalizado. Nesses sistemas, para a captura de cada imagem de alcance há um mapa de cores e textura.

Depois da digitalização acontece a reconstrução do modelo CAD, que consiste no assentamento das geometrias sobre os pontos que são obtidos na digitalização. Esse processo de reconstrução é dividido por Souza e Ulbrich (2009) com base nos dados digitalizados em quatro fases: “a extração de informações da digitalização, a adequação de informações extraídas para a composição do modelo CAD, a criação do modelo CAD e a comparação entre o modelo construído e o modelo original digitalizado.” (PILLON, 2015, p. 33).

Na fase de extração de informações da digitalização, esta irá servir de referência para construir o modelo CAD, isto é, toda medida que for necessária para a criação do modelo terá a extração feita pela digitalização. Isso poderá ser realizado por meio da extração de curvas ou cortes que contenham a forma do modelo.

**Figura 1:** Extração de informações da digitalização

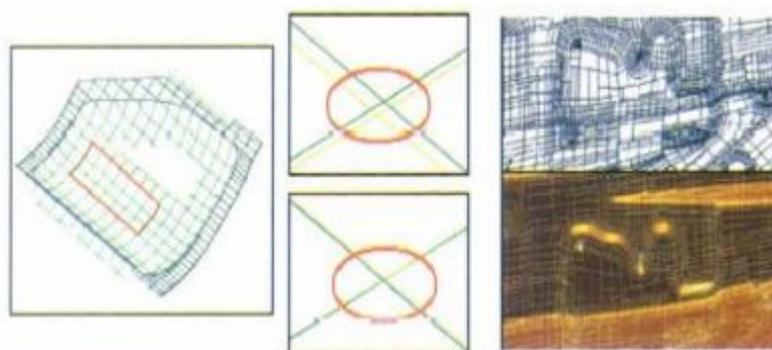


Fonte: Souza e Ulbrich (2009)

Na fase da adequação das informações extraídas para compor o modelo CAD, por diversas vezes, são extraídos cortes irregulares, com falhas ou ruídos e as curvas precisam de reconstrução para criação de um modelo mais suave e leve. Esta reconstrução da curva pode ser uma redistribuição simples de pontos na curva ou completa, com a criação de todo o perfil em cima da curva original.

Na fase de criação do modelo CAD, com curvas estabelecidas, é criado o modelo CAD, que podem seguir duas metodologias: o assentamento da superfície em cima de dados da digitalização ou a elaboração de modelo CAD por meio do método tradicional, com a criação de formas de rede, curva diretriz, revolução, extrusão, dentre outros.

**Figura 2:** Criação do modelo CAD



Fonte: Souza e Ulbrich (2009)

A última fase é a comparação entre o modelo construído e o original digitalizado, na qual depois da construção do modelo CAD, esse precisa ser sobreposto na malha triangular para serem verificados os erros na reconstrução.

No decorrer de todo o processo deve ser definida qual tolerância é aceitável. O valor 0,2 mm é utilizado usualmente, podendo ter uma variação conforme o tamanho do modelo. Essa comparação serve como indicação da fidelidade da reconstrução com o modelo digitalizado ou se tem regiões que precisam ser refeitas para a reaproximação das suas dimensões com o modelo original.

## *2.2 Tipos de Manutenção dos Meios Navais*

O processo de manutenção de meios navais da Marinha do Brasil tem normatização por parte da publicação do Estado-Maior da Armada denominada por Normas para Logística de Material (EMA-420).

Nessa publicação são listados alguns dos conceitos relevantes para a compreensão correta do processo de manutenção. Se destacam entre eles:

- a) Avaria como sendo uma alteração indesejável do seu projeto original, que ocasiona uma redução na eficiência da sua operação;
- b) Manutenção emprega um conjunto de atividades e técnicas administrativas visando manter o material em sua melhor condição para emprego, incluindo a confiabilidade, segurança e custo adequado, ou retorná-lo a esta melhor condição em caso de avaria.
- c) Sistema de Manutenção, conceito que integra o pessoal, documentação, ferramental, instalações e sobressalentes, organizados por métodos e procedimentos, para manter o material pronto para utilização, dentro das suas características de projeto e com o menos custo (SANTOS, 2017, p. 19).

No EMA-420 estão presentes os três tipos de manutenção usados na Marinha: preventiva, preditiva, corretiva e modificadora.

Segundo Kardec e Nascif (2009), existem várias denominações para que seja classificada a atuação da manutenção, sendo todas encaixadas nos tipos: “Manutenção corretiva não planejada; Manutenção corretiva Planejada; Manutenção Preventiva; Manutenção Detectiva” (SANTOS, 2017, p. 19). A Marinha do Brasil dispõe de tipos de manutenção que se coadunam àqueles apresentados por Kardec e Nascif, se diferenciando somente nos tipos detectiva e modificadora.

A manutenção corretiva é conceituada pelo EMA-400 como sendo aquela que “se destina a reparar o material danificado para repô-lo em condições de uso”. (BRASIL, 2003a, p. 33).

Segundo Kardec e Nascif (2009), essa manutenção pode ser dividida em duas classes: planejada e não planejada. Na planejada busca-se a correção da falha ou da perda de desempenho por uma decisão gerencial. Costumeiramente, essa perda de desempenho é observada através da manutenção preditiva.

Este tipo de manutenção permitirá a programação do momento apropriado de reparo, a capacitação da mão de obra e a disponibilidade dos sobressalentes, reduzindo o período de disponibilidade do equipamento e os custos. Já a manutenção não planejada é realizada em caráter de emergência, isto é, quando um fato já ocorreu. Possui custos elevados e ocorre a perda da produção, dado que não há um tempo para o preparo do serviço.

Para Souza (2004), na manutenção corretiva é essencial fazer a identificação das causas da falha para que sejam evitadas novas variadas.

Vale salientar que esse tipo de manutenção ao ser aplicada a navios, é prejudicial e pode tornar-se perigosa, já que um navio de guerra é caracterizado por sua capacidade de afastamento da base e permanência em lugares distantes por períodos longos. Um sistema de propulsão com avaria pode gerar riscos pessoais e materiais sérios, por exemplo, além de acarretar custos elevados com o deslocamento do navio até o porto que seja mais próximo e o reparo da parte avariada em lugares distantes dos estaleiros e principais centros de manutenção.

A manutenção preventiva é caracterizada pelo fato de seguir um plano elaborado previamente, com intervalo de tempo definitivo. Busca evitar as falhas e a possibilidade do surgimento de avarias pelas ações de manutenção periódica.

Baran (2011) esclarece que a manutenção preventiva tem o intuito de evitar que ocorra a degradação dos sistemas, sendo mantido o bom estado de funcionamento. Usa tarefas como substituições de itens, reparos, testes, alinhamentos, calibrações e inspeções feitos de modo programado e periódico.

O EMA-420 (2002) explica que este tipo de manutenção considera os intervalos definidos de tempo, com plano elaborado de forma prévia, para que as substituições e/ou intervenções de itens do equipamento sejam feitas de maneira a diminuir a chance de avaria.

Kardec e Nascif (2009) compartilham o conceito e fazendo a observação de que esse tipo de manutenção busca de forma obstinada que seja evitada a ocorrência de falha. Quando é essencial o fator segurança, como no caso dos equipamentos de aviação, é imperativa esta espécie de manutenção.

Mesmo que a manutenção preventiva tenha como base o princípio que “observa uma estreita relação entre a taxa de falha e a idade do componente” (SANTOS, 2007, p. 9), salienta também que vários estudos apontam que em vários equipamentos não é possível comprovar essa relação entre taxa de falha e idade.

Geralmente, as atividades de manutenção preventiva têm como base os dados que são fornecidos pelos fabricantes. Não se deve descartar a ideia que substituir os itens em intervalos regulares, tendo como base somente o tempo de uso mesmo que não tenham alcançado o máximo da sua vida útil, pode ser rentável comercialmente na reposição de sobressalentes. A reputação do fabricante seria favorecida ao fazer o equipamento apresentar uma ótima confiabilidade, mesmo havendo um aumento dos custos para o utilizador.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), é possível destacar como vantagens desse tipo de manutenção a facilidade na gestão das atividades, uma vez que existe um conhecimento prévio das ações e existe a possibilidade de prever os recursos e os sobressalentes que são necessários. No entanto, são apontados como pontos negativos as falhas dos procedimentos de manutenção, os danos no decorrer das paradas, a falha dos sobressalentes e a introdução de defeitos em decorrência da falha humana.

A manutenção preditiva é conceituada pelo EMA-420 como aquela que permite a operação do equipamento pelo maior tempo que é possível. Consiste em um conjunto de medidas com o intuito de “caracterizar, acompanhar, diagnosticar e analisar a evolução do estado de equipamentos e sistemas” (BRASIL, 2002, p. 33), e viabilizar o planejamento da manutenção quando realmente forem necessárias.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), esse tipo de manutenção é conhecida também como Manutenção com Base no Estado do Equipamento ou Manutenção sob Condição. É imprescindível o monitoramento da condição do aparelho. Quando existe a necessidade, a correção ocorre através da manutenção preventiva planejada.

Diversos parâmetros são acompanhados de maneira que subsidie a tomada de decisão de fazer uma intervenção no equipamento quando ocorre a aproximação da degradação ou um certo limite é atingido. Isto faz o tempo de uso do equipamento seja o maior possível, sendo mantida sua disponibilidade e confiabilidade. Segundo os autores, as condições básicas a seguir são definidas para adoção da manutenção preditiva:

- Deve haver algum tipo de monitoramento/ medição;
- Os custos envolvidos devem justificar esse tipo de manutenção;
- As causas de falhas devem possibilitar seu monitoramento e sua progressão deve poder ser acompanhada;
- Há necessidade de um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado (SANTOS, 2017, p. 22-23).

Alguns métodos são listados por Santos (2007) que podem ser usados para o monitoramento da condição do equipamento: “ultrassonografia; análise de vibrações; análise de temperaturas; termografia; ensaios não destrutivos; monitoramento das condições elétricas; e análise de óleos lubrificantes” (SANTOS, 2017, p. 23).

É essencial o treinamento da mão de obra. Segundo Kardec e Nascif (2009), o diagnóstico não é somente um processo de medição, pois tem envolvida a análise dos dados que são colhidos e o diagnóstico de possíveis falhas. Dessa forma, espera-se que o resultado é que seja feito o mínimo de intervenções no equipamento.

A manutenção detectiva é definida como “a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal” (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 47). É essencial para assegurar a confiabilidade dos sistemas, especialmente para aqueles de proteção. Um exemplo simples é o botão de teste de lâmpadas de sinalização e o alarme de um painel ou as pesquisas nos sistemas de circuitos de segurança como *shut down* e *trip*.

A manutenção modificadora é especificada pelo EMA-400 como o tipo de manutenção voltada para a adequação do equipamento às novas exigências operacionais.

Na Primeira Geração da manutenção, que teve início na década de 1930, se destacava a manutenção do tipo corretiva, vista a simplicidade dos equipamentos. Depois da II Grande Guerra surgiu a Segunda Geração, com a ampliação da complexidade de equipamentos de maneira geral.

O conceito de manutenção preventiva surgiu na década de 1960, além do controle da manutenção e os sistemas de planejamento. A partir de 1970 surgiu a Terceira Geração, que se caracteriza devido a relevância da confiabilidade e da disponibilidade dos equipamentos. Os progressos da informática no planejamento e no controle acabaram reforçando os conceitos da manutenção preventiva.

A Quarta Geração surgiu com a ideia de intervenção mínima no equipamento, usando o monitoramento do desempenho, a análise de falhas e a aplicação com prioridade das técnicas de manutenção preditiva.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia documental adotada neste estudo sobre as tecnologias em vistorias e inspeções navais no Brasil em procedimentos específicos para a análise de documentos previamente existentes. Conforme preconizado por Gil (2019), a pesquisa documental é caracterizada pela utilização de fontes de natureza escrita e oral, como livros, relatórios, normas técnicas e registros históricos.

Marconi e Lakatos (2017) ressaltam que esse tipo de estudo é valioso para compreender fenômenos que se apresentam em documentos já produzidos, possibilitando uma análise crítica e reflexiva sobre os dados disponíveis.

O tipo de estudo adotado é descritivo, visando a identificar e descrever os principais meios de tecnologias no meio naval. Seguindo os princípios de Gil (2019), o estudo documental permite uma abordagem minuciosa dos documentos relacionados aos acidentes de trabalho na construção civil, fornecendo uma compreensão detalhada da problemática em questão.

### 4 RESULTADOS

O desafio para impressão de um arquivo está nos problemas com relação a fabricação de um modelo, variando de problemas computacionais a problemas mecânicos da impressora ou mesmo de material.

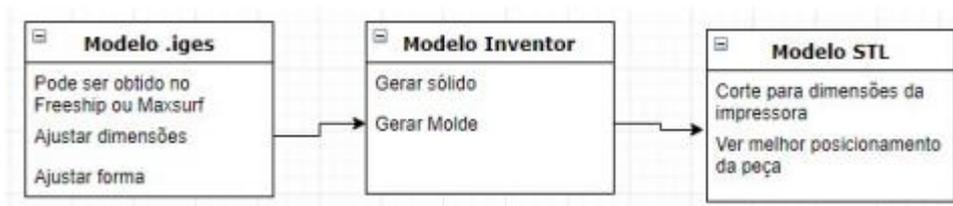
Um dos problemas simples está na ausência de filamento que possibilita que a impressora faça seu modelo. Observar se o filamento instalado é considerado suficiente para impressão do seu modelo no começo do processo é fundamental.

Se o filamento terminar no meio da impressão, pode gerar prejuízo a qualidade a substituição do modelo.

Pode não haver aderência entre a extrusão do filamento novo e do material que é depositado por meio do filamento antigo ou o referencial pode ser perdido pela impressora. Se este referencial, for perdido, o bico não sabe onde estava o modelo antigo e, normalmente, é necessário reiniciar a impressão.

A impressora 3D pode ser utilizada para produzir moldes, sendo importante considerar alguns aspectos de moldes impressos, como, por exemplo, a sua durabilidade. No entanto, para lotes pequenos, sua utilização costuma ter viabilidade e diminui o tempo da sua fabricação.

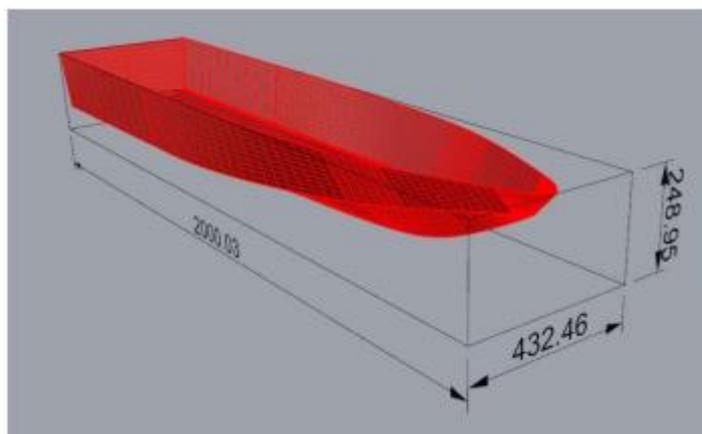
**Figura 3:** Fluxograma geral de desenvolvimento de um molde para impressora 3D



Fonte: Trisciuzzi (2018)

Uma aplicação possível da tecnologia no setor naval passa por este fluxograma. Ao utilizar um casco do FreeShip, existe a possibilidade de diminuir o potencial de erros. Torna-se interessante a redução da quantidade de superfícies no modelo. Foi escolhido o este tipo de modelo por sua flexibilidade e disponibilidade de informação.

**Figura 4:** Modelo em. iges



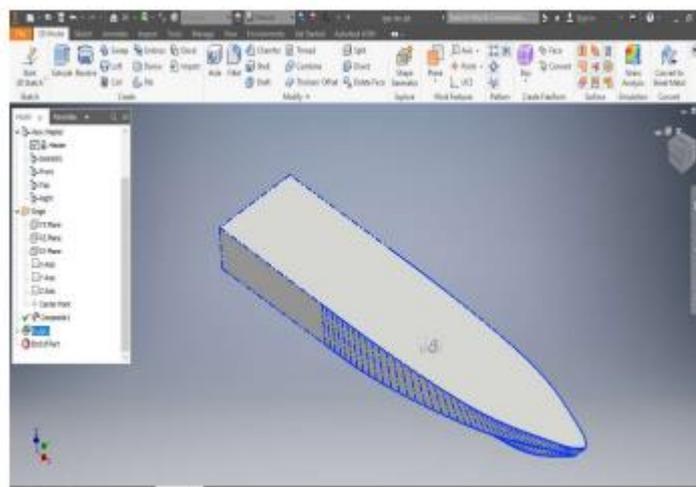
Fonte: Trisciuzzi (2018)

Nesse caso foi utilizado o software Inventor da Autodesk, pois é um software de modelagem paramétrica. Deve ser feita a importação do modelo em .igs para o programa, utilizando a versão 2018. Nessa versão há suporte da importação por parte do programa sendo suficiente abrir o arquivo através da seleção da extensão.

O arquivo .iges consiste em uma descrição de superfície, isto é, um arquivo que faz a definição de superfícies e não um volume. É preciso um sólido para gerar um molde, que será subtraído de um bloco e este bloco com o sólido já subtraído será o molde.

Ao ser realizada a importação é necessário fazer a seleção do objeto na árvore de objetos e duplicar. É preciso fazer a cópia como superfície. Assim se tem todas as superfícies do casco. Logo depois é gerado o sólido, sendo selecionadas todas as superfícies do modelo e usado o comando “Sculpt”. No programa é feita a leitura de todas as superfícies, por isso é relevante ter um modelo bem feito, com uma quantidade de superfície, mas não em excesso.

**Figura 5:** Modelo computacional do casco sólido

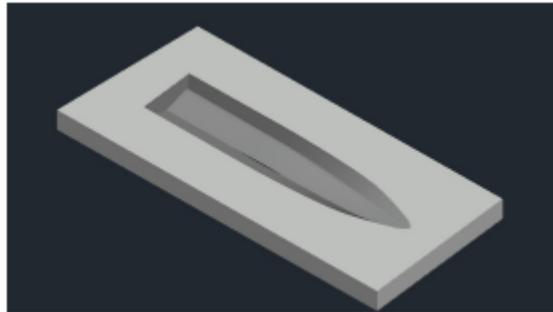


Fonte: Trisciuzzi (2018)

Esse modelo é subtraído de um sólido com formato de caixa, fazendo assim ter o molde. Ocorre a exportação do molde para .stl e se tem o modelo que será impresso.

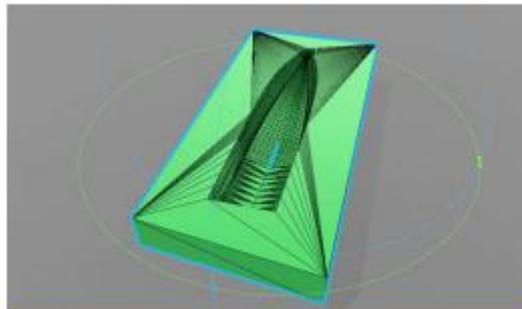
Deve-se tomar cuidado com as dimensões do molde, sendo elas uma decisão do projetista, e o molde pode ter seu corte feito no software de CAD em uma quantidade de partes que for interessante para a impressão.

**Figura 6:** Molde formado pronto para exportação



Fonte: Trisciuzzi (2018)

**Figura 7:** Molde exportado para .stl pronto para fabricação



Fonte: Trisciuzzi (2018)

É possível fazer a simplificação da fabricação de modelos com a produção dos moldes e possibilitar a produção de formas que tenham uma complexidade maior com custo reduzido.

## 6 CONCLUSÃO

A manutenção de instrumentos e objetos navais é extremamente importante para diversas atividades realizadas pela Marinha. Em diversos casos de manutenção, é necessária a substituição de peças, que podem não ser encontradas, que geram custos e leva a demora no reparo. Por isso, a utilização de impressoras 3D pode solucionar diversos problemas.

As impressoras possuem capacidade para impressão de uma vasta gama de materiais. Dessa forma, elas podem ser utilizadas para criar soluções em vários campos da engenharia, inclusive no setor naval.

Já existe a possibilidade de imprimir partes de reposição, propulsores e cascos inteiros e essas soluções estão sendo utilizadas em algumas empresas ou em embarcações. Contudo, no cenário brasileiro, ainda é pouco explorada a tecnologia, especialmente porque exige um grande investimento, além de conhecimento técnico.

O processo de impressão consiste na transferência do arquivo para a impressora ou por meio da rede, utilizando um pen drive ou por meio de um outro método que realize a transferência de dados, como pelo bluetooth, por exemplo. Após a impressão é importante ter cuidado para que as falhas sejam evitadas, pois cada modelo de impressora possui detalhes e configurações próprias.

Na atualidade, ainda é limitada a aplicação da tecnologia no setor naval, no entanto, realizar a exploração das soluções fornecidas por ela pode ser algo interessante para a área. A impressão em 3D pode ser considerada uma forte aliada para a implantação, visto que utiliza ferramentas em disponibilidade de comandos simples para a geração de modelos. Além de que, os modelos gerados podem ser utilizados para outros propósitos que não sejam a impressão, como a exportação para a web para o acompanhamento a distância, por exemplo.

## REFERÊNCIAS

- BARAN, Leandro Roberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso**. Trabalho de Monografia apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Industrial: Produção e Manutenção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa: UTFP, 2011. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1450/3/PG\\_CEGIPM\\_VII\\_2011\\_12.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1450/3/PG_CEGIPM_VII_2011_12.pdf). Acesso em: 14 abril 2024.
- BRASIL. **EMA-400: Manual de Logística da Marinha**. Brasília, DF, 2003a. rev. 2. mod. 1.
- BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA-420: Normas para Logística do Material**. Brasília, DF, 2002. rev. 2. mod. 1.
- DONG-FAN, Chen; MING-LUN, Fang. **Reconstruction technique in reverse engineering**. In: Industrial Technology, 1996. Proceedings of The IEEE International Conference on. IEEE, 1996. p. 37-41.
- KARBACHER, S. et al. **Processing range data for Reverse Engineering and Virtual Reality**. 3-D Digital Imaging and Modeling. Proceedings. Third International Conference on. IEEE. pp. 314 - 321. Maio 2001.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. A. **Manutenção: função estratégica**. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2009. 361 p.
- PILLON, Mayara Manço. **Aplicações da engenharia reversa no desenvolvimento de produtos**. Trabalho de Conclusão (Bacharel em Engenharia de Produção). Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM. Marília, 2015. Disponível em: [https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1453/mayara\\_pillon.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1453/mayara_pillon.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Acesso em: 14 abril 2024.
- SANTOS, Antonio Carlos Rodrigues dos. **Aplicação da Engenharia de Confiabilidade no Aprimoramento da Manutenção de Meios Militares: Um Estudo de Caso**. Dissertação submetida ao Copo Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnológica como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2007. Disponível em: [http://dippg.cefet-rj.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=718&tmpl=component&format=raw&Itemid=168](http://dippg.cefet-rj.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=718&tmpl=component&format=raw&Itemid=168). Acesso em: 14 abril 2024.
- SOUZA, Adriano Fagali de; ULBRICH, Cristiane Brasil de Lima. **Engenharia integrada por computador e sistemas CAD/ CAM/ CNC: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Artliber, 2009. 332 p.

SOUZA, Fábio Januário. **Otimização do pilar “manutenção planejada” da TPM através da utilização do RMC para nortear as estratégias de manutenção.** Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado em Engenharia. Porto Alegre: UFRS, 2004. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4752/000459527.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 abril 2024.

TRISCIUZZI, Leonardo. **Aplicação da impressão 3D no setor naval.** Resumo do projeto de graduação. Escola Politécnica/UFRJ (Graduação em Engenharia Naval e Oceânica), 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10026184.pdf>. Acesso em: 14 abril 2024.