

**Autoria:**

Capitão-Tenente (Intendente da Marinha) Giovanni Barbieri Rodrigues Magri

Capitão-Tenente (Intendente da Marinha) Felipe Ferreira Marinho da Costa Fellows

Capitão de Mar e Guerra (RM1- Int. da Marinha) Marcelo Ghiaroni de Albuquerque e Silva (CIANB)

Capitão de Corveta (Intendente da Marinha) Luiz Antonio Girianelli Félix (CCIM)

# A MANUFATURA ADITIVA COMO FERRAMENTA LOGÍSTICA NA MARINHA DO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO NO PLANO DE PRONTIDÃO PERMANENTE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

**Resumo:** A manufatura aditiva, processo tecnológico inserido no conceito de Indústria 4.0, tem o potencial de gerar grandes impactos na sociedade, influenciando diretamente no setor produtivo e, conseqüentemente, em suas cadeias de suprimento. Diante da diversidade de atividades exercidas pelo Sistema de Abastecimento da Marinha, dispor dessa tecnologia pode auferir vantagens significativas à Força. Neste sentido, foi realizado um estudo de caso a fim de mostrar como uma ferramenta tecnológica, as impressoras 3D, é capaz de ser aplicada nos navios da Marinha do Brasil, apontando o potencial da tecnologia e os aspectos relevantes de sua aplicação no Plano de Prontidão Permanente do Sistema de Abastecimento.

**Palavras-chave:** Manufatura aditiva. Impressão 3D. Tecnologia. Marinha do Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

A maneira abrupta como as novas tecnologias têm surgido a cada ano transmitem a conotação de uma “Quarta Revolução Industrial”. Assim como foi vivenciado o surgimento das ferrovias e máquinas a vapor nos idos dos séculos XVII e XVIII, passando pelo advento da eletricidade e, no final do século passado, com a Revolução Digital, a quarta revolução, ou

Indústria 4.0, abrange uma gama de grandes novas descobertas, como a nanotecnologia, computação quântica, energias renováveis e toda a integração em que estamos inseridos no mundo cada vez mais globalizado.

Em especial, no setor manufatureiro, percebe-se uma transformação no modelo de produção, que acelera em virtude da convergência de tendências tecnológicas: o baixo custo e

acessibilidade do chamado *Big Data* - grandes volumes de dados processados a altas velocidades, associados à computação em nuvem; queda dos custos de sensores eletrônicos, microprocessadores e outros componentes usados para criar máquinas mais hábeis; avanços em desenvolvimento de *softwares* e tecnologia de comunicação (KOTEN, 2013).

Com isso, uma tecnologia vem ganhando espaço e tem sido vista como um dos potenciais agentes que também irá compor essa nova revolução industrial: a Manufatura Aditiva (*additive manufacturing* - AM), mais comumente conhecida na forma da impressão tridimensional (3D).

Diante dessa tecnologia e seu potencial disruptivo, processos rotineiros de empresas e instituições devem sofrer consideráveis mudanças no futuro próximo. Como exemplos disso, pode-se mencionar o controle de estoques, que deverão tornar-se cada vez mais enxutos; as aquisições de peças ou produtos de baixa complexidade, que podem ser impressos no próprio ambiente empresarial; e, provavelmente o principal deles, o próprio processo produtivo dos produtos fabricados pelas empresas.

De modo a cumprir sua missão institucional, a Marinha do Brasil (MB), dentre outras atividades, executa um programa de manutenção dos seus meios operativos, com o intuito de manter elevado o grau de prontidão e disponibilidade para atender aos interesses da nação.

Para isso, a MB possui estruturado seu Sistema de Abastecimento (SAbM), que tem o objetivo de prever e prover todo o material necessário, garantindo à Força condição de plena eficiência, atuando no contexto das funções logísticas de suprimentos, transporte e manutenção (BRASIL, 2009). Nesse contexto, surge o seguinte questionamento: teria a AM uma aplicabilidade dentro da MB?

Uma das possibilidades, senão a principal, seria a utilização da tecnologia como uma

ferramenta para a produção de sobressalentes, ou parte deles, em situações reais ou exercícios, nos navios. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a possibilidade da implantação da AM no SAbM. Assim, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (i) identificar o tipo de tecnologia de AM com melhor aplicabilidade à MB; (ii) verificar os aspectos mais relevantes associados a sua utilização no SAbM; e (iii) analisar aqueles aspectos que possuem maior potencial de se configurar como um obstáculo à implementação.

Para esse fim, o presente trabalho está dividido em quatro partes. Inicialmente, são definidos conceitos essenciais que estruturam o objeto a ser pesquisado, as tecnologias existentes e as atividades que a MB realiza, partindo, então, para a metodologia utilizada no decorrer do trabalho, bem como as delimitações do estudo. Na etapa seguinte, é realizada análise dos dados, buscando atender ao objetivo do trabalho, seguido da conclusão e sugestão de trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

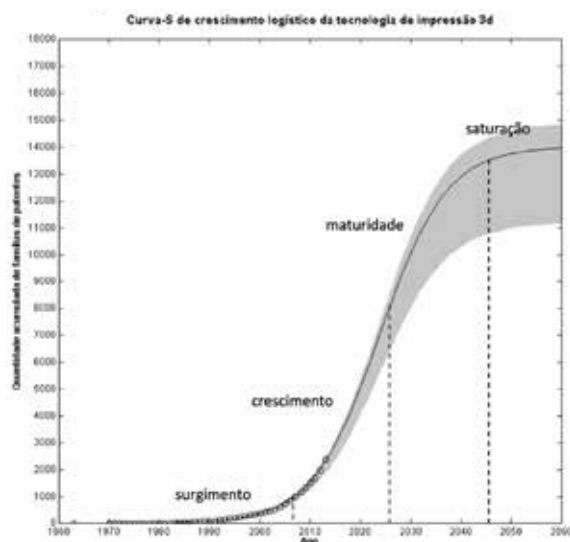
### 2.1 Manufatura aditiva e Impressora 3D

O uso da Manufatura Aditiva está em fase de crescimento e seus benefícios podem ser encontrados na indústria médica, aeroespacial, automotiva, no setor de energia e nos bens de consumo. A AM tem despontado, não só como uma promissora ferramenta de prototipagem rápida, mas como uma tecnologia que permite uma manufatura personalizada (CUNICO, 2011; SOUZA, 2016).

Ernst (1997, *apud* FREITAS, 2016) demonstrou que o comportamento de uma tecnologia ao longo do tempo segue a trajetória de uma curva em formato de "S" com quatro possíveis estágios de desenvolvimento, como demonstrado na Figura 1. Freitas (2016), em seu estudo, mostra que a AM está em fase de

crescimento dentro da curva-S. Isso explica os ainda elevados custos da tecnologia e a quantidade restrita de fabricantes deste setor.

**Figura 1: Curva de crescimento logístico**



Fonte: Adaptado de Freitas (2016).

Conforme Windle (2015), as características únicas e individuais das tecnologias emergentes apresentam fatores significativos. Na AM, é possível perceber pelo menos três dessas características:

- a) a grande velocidade na qual a tecnologia evolui;
- b) barateamento da tecnologia à medida que ganha popularidade e é desenvolvida; e
- c) o impacto simultâneo em diferentes *stakeholders* industriais e nichos de mercado, identificando-se implicações da AM na indústria, no comércio, na área médica e até na área da segurança nacional.

Em sentido amplo, a AM tem como princípio básico de funcionamento o processo de adição de materiais, tais quais plásticos, metais, híbridos de metais, concretos, gesso, resinas, vidros, polímeros, cerâmicas, areia, tecidos, madeira, papéis ou até mesmo alimentos e tecidos humanos, que são depositados camada por camada, sendo capazes de criar, a partir

de um modelo digital 3D, diversos objetos na sua forma física. (CUNICO, 2011).

Para ser caracterizada como AM, Félix (2017) discorre sobre a necessidade de atender algumas especificidades, como: produção por camadas consecutivas, utilização de um modelo 3D digital e capacidade do próprio equipamento de produzir objetos tridimensionais. Além disso, as tecnologias de AM precisam de alguns recursos para desenvolver o objeto, como: sistema computadorizado, *software* para edição de *designers*, uma máquina capaz de realizar a impressão das camadas e a matéria-prima apropriada para produzir o objeto desejado.

A abordagem tradicional de fabricação subtrativa utiliza procedimentos como fresagem, usinagem, perfuração, dobragem e polimento para preparar os componentes de um produto. No tratamento habitual, devem-se desempenhar todas as etapas do processo de fabricação, mesmo uma etapa menor como fazer um furo, dobrar um pedaço de chapa ou um polimento, porque elas requerem intervenção humana e gerenciamento do processo da linha de montagem, o que adiciona custo ao produto final (HAUSMAN e HORNE, 2014).

A facilidade de automatização da AM torna-se uma característica importante, uma vez que reduz a necessidade de intervenção de um operador, limitando-se à preparação do equipamento, abastecimento com o material, introdução dos parâmetros e, por fim, a retirada e limpeza da peça (VOLPATO, 2017).

Em todas as tecnologias que serão abordadas, é possível observar algumas vantagens, como: a velocidade de produção, desde o projeto digital até o modelo físico final, possibilitando a prototipagem rápida; o baixo custo de produção unitário, favorecendo a produção unitária ou em quantidades menores; a viabilidade de fabricar diversas geometrias, dando maior liberdade na inovação em *design* e objetos com formas mais complexas;

a customização dos produtos às necessidades e gostos do cliente; e, por fim, o fator sustentabilidade, uma vez que usa menos material, gera menos resíduos e consome pouca energia elétrica (HAUSMAN e HORNE, 2014).

Tendo como objetivo padronizar a terminologia da AM, foi criado em 2015 o padrão ISO/ASTM 52900, de cujas categorias mais relevantes é tratado a seguir.

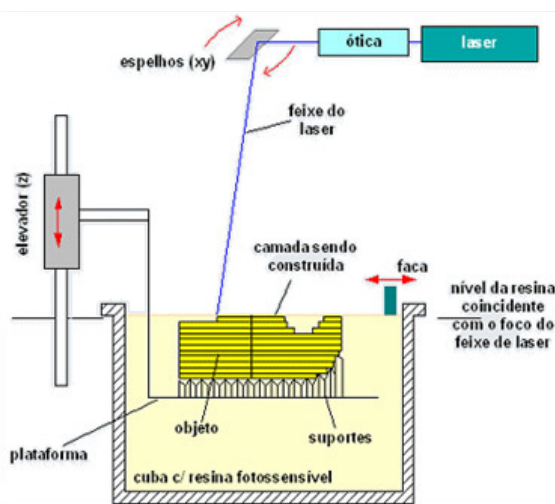
## 2.1.1 Tipos de Tecnologias da AM

### 2.1.1.1 Vat Photopolymerization

A fotopolimerização é uma categoria de AM na qual é feito uso de plásticos líquidos, resinas solidificáveis, ou fotopolímeros, que são endurecidos por meio de uma reação química utilizando a radiação de luz ultravioleta (Poulsen, 2015).

A principal tecnologia englobada por essa categoria é a estereolitografia (*stereolithography* - SLA). Poulsen (2015) define a SLA como a técnica pioneira da AM moderna, sendo capaz de produzir formas muito lisas e arredondadas.

Figura 2: Modelo de impressão - SLA



Fonte: Raulino (2011).

De forma resumida, o processo, ilustrado na Figura 2, consiste em uma máquina que contém

uma espécie de cuba, sobre uma plataforma base, na qual é depositado o material em sua forma líquida. Após contato com espelhos galvanométricos, o feixe do *laser* traça a seção reta do objeto contido no arquivo do computador. O feixe ultravioleta ao entrar em contato com o líquido faz com que este se solidifique, formando, camada por camada, o objeto desejado. (FÉLIX, 2017; RAULINO, 2011).

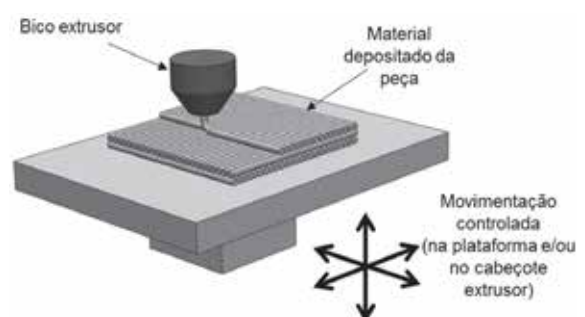
### 2.1.1.2 Material Extrusion

Nesta categoria, as tecnologias utilizam bocais injetores controlados por computador para, seletivamente, depositarem material moldável, em um fluxo contínuo. A matéria-prima base para essa categoria são polímeros (FÉLIX, 2017).

Dentro dessa categoria de AM destaca-se a *Fused Deposition Modeling* (FDM), sendo a tecnologia mais comum do ramo da AM e que é utilizada como base para a maioria dos equipamentos que realizam impressão 3D (POULSEN, 2015).

Essa tecnologia se processa, basicamente, na deposição de camadas, pela extrusão de material por meio de bicos calibrados, realizando movimentos no eixo X-Y do plano, por sobre uma plataforma de construção, que se movimenta no eixo Z, conforme ilustra a Figura 3. Após a conclusão de uma camada, o processo é repetido para a camada seguinte, até que a peça projetada seja finalizada (VOLPATO, 2017; FÉLIX, 2017).

Figura 3: Modelo de impressão - FDM



Fonte: Volpato (2015).

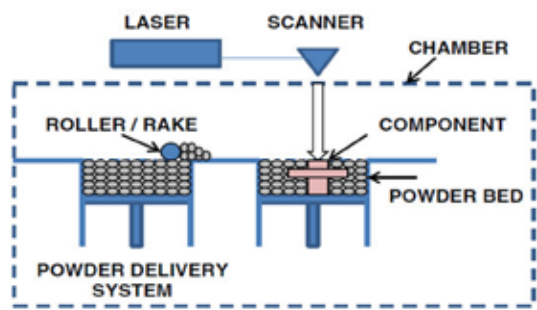
Com essas máquinas não ocorre desperdício de material, há pouca necessidade de limpeza, ocupam um espaço pequeno e os motores necessitam de pouca potência. Sua popularidade decorre de os custos dos equipamentos e dos materiais serem menores se comparados com outras tecnologias. Essas características são facilitadoras e permitem sua instalação em ambientes não industriais. (RAULINO, 2011).

### 2.1.1.3 Powder Bed Fusion

Nesta categoria, as tecnologias usam uma espécie de leito preenchido com material pulverizado (metais, plásticos ou outros materiais com características apropriadas), que é fundido de maneira seletiva, por meio de uma fonte de energia térmica (FÉLIX, 2017; ISO/ASTM 52900, 2015).

A primeira tecnologia representante desta categoria é a *Selective Laser Sintering* (SLS). Na SLS, as camadas são construídas por meio de fusão da partícula de pó (metal, cerâmico ou polimérico), mediante fonte de *laser*, que vai sintetizando as partículas no formato da seção reta do objeto. As camadas seguintes são construídas por meio de um rolo que desliza sobre a plataforma no eixo X-Y. As camadas são ligadas quimicamente entre si por ação do calor do equipamento de emissão de *laser*. Após o término da camada, a plataforma de construção desloca-se no eixo Z, permitindo que o processo se inicie para uma nova camada, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Modelo de impressão - SLS



Fonte: Félix (2017).

O processo ocorre repetidas vezes até que o objeto tridimensional esteja concluído. A quantidade de matéria-prima que pode ser utilizada nesse processo torna-se uma grande vantagem, bem como sua resistência térmica e mecânica. Seu ponto negativo está no elevado custo (RAULINO, 2011).

### 2.1.1.4 Directed Energy Deposition

Esta categoria de AM utiliza uma energia térmica concentrada, normalmente um *laser*, para fundir materiais, derretendo-os à medida que estão sendo depositados para formar um objeto (SIN, 2016). A primeira tecnologia a ser comercializada, tendo como base esse processo, foi a *Laser Engineered Net Shape* - LENS.

Nessa operação de deposição de energia direcionada, a matéria-prima em pó é disparada de bicos, que estão instalados em braços com movimento em múltiplos eixos, em direção a um feixe de energia, com o qual se funde logo acima da superfície da plataforma de construção. Sobre a plataforma, o material derrete formando sucessivas camadas após seu resfriamento e solidificação. Esse processo, ilustrado na Figura 5, também pode ser utilizado para revestir peças já existentes, além de criar peças originais (POULSEN, 2015; FÉLIX, 2017).

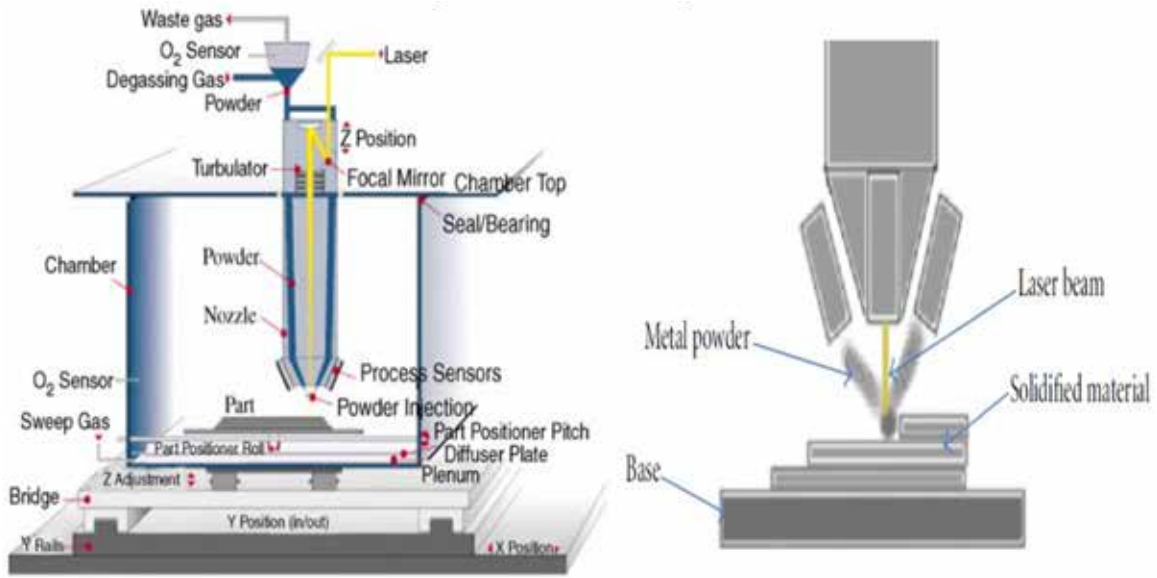
Conforme Wong e Hernandez (2012), um ponto relevante dessa tecnologia é a possibilidade de combinar diferentes tipos de metais, permitindo formar ligas metálicas com propriedades específicas e diferentes usos, sendo, portanto, muito utilizado para a produção de peças industriais.

### 2.1.2 Informações complementares

De modo a facilitar a compreensão das categorias de AM expostas anteriormente, é apresentado o Quadro 1 a seguir, baseado nas informações ora apresentadas.

Apesar de a tecnologia ainda estar em fase de crescimento, algumas empresas voltadas para a impressão 3D surgiram e vem

Figura 5: Modelo de impressão - LENS



Fonte: Wong e Hernandez (2012).

Quadro 1: Resumo das principais tecnologias

Tecnologia	Base	Método de produção	Materiais	Principais vantagens	Principais desvantagens
SLA	Líquida	Polimerização	Fotopolímeros líquidos e compósitos	Tempo de produção inferior ao das demais tecnologias	Limitado a dimensões pequenas
					Materiais relativamente limitados
FDM	Líquida	Fusão	Termoplásticos	Alta gama de materiais que podem ser utilizados	Tempo de construção elevado
				Tamanho compacto e um custo de manutenção reduzido	Pouca precisão
SLS	Pó	Fusão	Papel, plástico, metal, vidro, cerâmica e compósitos	Possibilidade de construir peças mais complexas	Operação de sinterização seletiva a laser pode ser bastante complicada
				Alta gama de materiais que podem ser utilizados;	Acabamento com qualidade inferior
LENS	Pó ou filamentos	Fusão	Metais e ligas metálicas	Usada na confecção ou reparo de peças	Necessidade de processos de pós-produção
				Produz peças fortes e resistentes.	Limitação geométrica para superfícies complexas
					Necessidade de uma base metálica para iniciar o processo de fabricação

Fonte: Adaptado de Félix (2017) e Veit (2018).

Quadro 2: Principais empresas de manufatura aditiva

Processo	Companhias	Materiais	Nicho
Vat photopolymerization	Photopolymerization 3D Systems (EUA)	fotopolímeros	prototipagem
	Envisiontec (Alemanha)		
Material extrusion	Stratasys (EUA)	polímeros	prototipagem
	Bits From Bytes (Reino Unido)		
	RepRap Polymers (EUA)		
	EOS (Alemanha)		
Powder bed fusion	3D Systems (EUA)	polímeros e metais	prototipagem
	Arcam (Suécia)		peças
Directed energy deposition	Optomec (EUA)	polímeros e metais	reparos e peças
	POM (EUA)		

Fonte: Adaptado de Félix (2017).

desenvolvendo-se. O Quadro 2 relaciona as principais empresas de equipamentos com tecnologia AM atualmente, conforme as categorias definidas pela ISO/ASTM 52900:2015 citadas neste trabalho.

### 2.3 Gestão da Cadeia de Suprimentos

Conforme Blanchard (2010), cadeia de suprimentos é a sequência de eventos que abrange todo o ciclo de vida de um produto, desde sua concepção até seu consumo. Segundo Ballou (2006), incluem-se ainda nesse processo o fluxo de informações decorrente de sua condução, que, juntamente com os materiais, podem fluir tanto para cima quanto para baixo, ao longo da cadeia de suprimentos.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS) é a integração desses eventos, mediante relacionamentos aperfeiçoados na cadeia, a fim de se obter uma vantagem competitiva sustentável (HANDFIELD e NICHOLS JR., 1999, *apud* BALLOU, 2006). Assim, o GCS busca obter vínculo e coordenação entre os processos de fornecedores e clientes, e da própria organização.

Dessa forma, Christopher (2010) aponta que o foco do gerenciamento da cadeia de suprimentos está na gerência de relacionamentos, a fim de alcançar um resultado mais lucrativo para todas as partes da cadeia. Não obstante, Slack *et al.* (2013) enfatizam que toda gestão da cadeia de suprimentos possui o mesmo objetivo comum e central: satisfazer o consumidor final.

Em que pese grande parte dos conceitos apresentados até então dizerem respeito ao GCS e, conseqüentemente, à logística no âmbito empresarial, vale ressaltar que suas origens são provenientes do meio militar, em que as estratégias para se obter um nível de prontidão logístico elevado garantem vantagens significativas a uma nação em um cenário de guerra. (BALLOU, 2006).

Nesse sentido, faz-se mister uma descrição mais minuciosa das tarefas e responsabilidades atribuídas no âmbito da MB, dentro de seu Sistema de Abastecimento, que, a partir de um gerenciamento adequado da cadeia de suprimentos, mais especificamente dos itens de sobressalente, garantem à Força um satisfatório nível de prontidão.

## 2.4 O SAbM e o P3SAM

A prontidão logística é definida na Doutrina Militar de Defesa como a “plena capacidade de transportar, instalar, manter, equipar e abastecer, apropriadamente e com oportunidade, as FA [Forças Armadas]” (BRASIL, 2007, p. 41).

Ao focar no abastecimento, a MB define-o como o “conjunto de atividades que tem o propósito de prever e prover, para as Forças e demais OM [Organizações Militares] da MB, o material necessário a mantê-las em condições de plena eficiência” (BRASIL, 2009, p. 1-1).

Desse modo, a MB possui seu Sistema de Abastecimento estruturado e normatizado, a fim de cumprir seu objetivo, operacionalizando sua cadeia de suprimentos no âmbito da Força. O Quadro 3 relaciona os principais órgãos do SAbM, suas funções e atribuições.

Para Félix (2017), um dos maiores desafios do SAbM, com relação à capacidade de atendimento às necessidades da Marinha, é manter um elevado nível de serviço no fornecimento de sobressalentes às OM, suas clientes.

Na MB, conforme definem as Normas para a Execução do Abastecimento (BRASIL, 2009), sobressalente é um item de suprimento destinado à eventual substituição de seu similar

instalado nos equipamentos dos meios operativos. O gerenciamento dos sobressalentes é realizado pelo SAbM, que efetua a gestão de estoques e a previsão de demanda de sobressalentes por meio do Sistema de Informações Gerenciais do Abastecimento (SINGRA).

Para fins gerenciais, todo item contemplado pelo SAbM é dividido em categorias. Conforme Brasil (2009), para cada item de material são atribuídos Órgãos responsáveis pelo controle e Jurisdição do Material, sendo esta “definida por um código alfabético, denominado ‘Símbolo de Jurisdição’ (SJ), o qual, associado ao Número de Estoque, permite agrupar materiais em função de sua natureza ou aplicação específica” (BRASIL, 2009).

De modo a exemplificar, o SJ “CH”, o qual é abordado mais a frente neste trabalho, representa os componentes não eletrônicos dos materiais de SJ “C”, que, de forma resumida, são equipamentos, equipagens, acessórios, equipamentos de teste e ferramentas especiais dos principais sistemas existentes nos navios (BRASIL, 2009).

O Plano de Prontidão Permanente do Sistema de Abastecimento da Marinha (P3SAM) tem como missão estabelecer

**Quadro 3: Principais órgãos relacionados ao SAbM**

Órgão	Função	Atribuições
<i>Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM)</i>	<i>Órgão de Direção Gerencial</i>	<i>Planejamento e direção das atividades técnicas e gerenciais do abastecimento.</i>
<i>Centro de Controle de Inventário da Marinha (CCIM)</i>	<i>Órgão de Controle</i>	<i>Controle dos níveis de estoque, por meio da determinação de necessidades, com ações de recompletamento e distribuição.</i>
<i>Centro de Obtenção da Marinha no Rio de Janeiro (COMRJ)</i>	<i>Órgão de Obtenção no País</i>	<i>Aquisição dos materiais no território nacional.</i>
<i>Comissões Navais Brasileiras em Washington e na Europa (CNBW e CNBE)</i>	<i>Órgãos de Obtenção no Exterior</i>	<i>Aquisição dos materiais fora do Brasil.</i>
<i>Depósitos Navais e Centros de Intendência da Marinha</i>	<i>Órgãos de Distribuição</i>	<i>Acumulação e fornecimento dos itens.</i>

Fonte: Adaptado da SGM-107. (BRASIL, 2009).



permanentemente uma estrutura técnico-organizacional do SAbM, de forma a permitir o abastecimento dos meios com as classes de materiais necessárias ao aprestamento e à prontidão operativa. Para garantir sua eficiência, são realizados eventualmente exercícios de apoio logístico móvel do P3SAM.

Com o intuito de obter informações mais detalhadas a respeito da execução do abastecimento na MB e da condução do P3SAM, foi entrevistado o Chefe do Departamento de Operações do Abastecimento. Dentre outras responsabilidades, compete àquele Departamento a execução do P3SAM, sendo essa a razão da escolha para realização da entrevista com o ocupante da referida função.

Posteriormente, foi entrevistado um Suboficial que participara da comissão Aspirantex 2018 como membro da equipe do SAbM responsável pela execução do exercício do P3SAM ao longo da missão.

Por meio dessas entrevistas, foi disponibilizado para os autores o relatório do exercício real do P3SAM ocorrido na referida comissão, no qual consta a relação de itens de sobressalentes embarcados e os itens utilizados.

No exercício real, uma equipe de apoio embarca no meio operativo, com o objetivo de atender as demandas de suprimentos dos navios que estão realizando determinada operação, além de prestar suporte sobre os processos do SAbM. Os itens de suprimentos são, preferencialmente, acondicionados em contentores, salvo em operações mais específicas, ou caso haja limitação de espaço físico dos meios participantes.

A relação dos itens do P3SAM que embarcam nos navios durante a comissão é definida pelo CCIM com base em três fontes de informação: o SINGRA, de acordo com índices de essencialidade e criticidade já estabelecidos no sistema; complementarmente, é solicitado à tripulação do navio que sugira uma relação, no intuito de aproveitar a experiência dos militares;

e, por fim, são consultadas informações oriundas dos últimos exercícios de P3SAM.

Ao final da consulta a essas fontes, compilam-se as informações e, com base na disponibilidade em estoque, é montada a lista final dos itens que serão transportados durante a comissão.

Após a realização dos exercícios, são elaborados relatórios com análises que buscam tanto avaliar a demanda real de suprimentos em um determinado exercício, quanto avaliar comparativamente diferentes exercícios. Dados como disponibilidade em estoque, existência no contentor, aplicação do item e sua catalogação dentro do SINGRA, dotação do item no meio solicitante e grau de essencialidade do material compõem parte do relatório.

## 2.5 Análise SWOT e matriz GUT

Com vistas a cumprir suas missões institucionais, é importante que as organizações realizem uma avaliação estratégica de si, visando orientar o estabelecimento de seus objetivos e estratégias. Com esse fim, duas ferramentas de gestão ganham destaque: a análise SWOT e a matriz GUT.

A análise SWOT busca mapear e relacionar os fatores atinentes ao ambiente interno e externo da organização, sempre com o foco no cumprimento da missão. A sigla tem origem das palavras *Strengths* (forças), *Weaknesses* (fraquezas), *Opportunities* (oportunidades) e *Threats* (ameaças) (BRASIL, 2019).

A análise desses ambientes possibilita que sejam identificadas as oportunidades que a organização pode utilizar para melhorar seu desempenho e minimizar as ameaças que podem afetá-la (ambiente externo). Com isso, é possível maximizar seus pontos fortes e moderar o impacto de seus pontos fracos (ambiente interno) (QUEIROZ *et. al.*, 2012).

Após identificar os elementos da análise SWOT, é relevante que se estabeleça um critério de priorização, de modo a relacionar

os fatores que merecem maior atenção por parte das organizações. Nesse sentido, faz-se necessária a utilização da matriz GUT.

Essa ferramenta é usada para definição das prioridades dadas às diversas alternativas de ação. Ela utiliza a listagem dos fatos e atribui pesos aos que são considerados problemas, de forma a analisá-los no contexto de sua Gravidade, Urgência e Tendência (QUEIROZ *et. al.*, 2012), como detalhado no Quadro 4.

Assim, são atribuídos pontos de 1 a 5 (no qual 5 representa impacto mais significativo) para cada item em cada dimensão da matriz. O resultado final do impacto é calculado multiplicando-se GxUxT.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 Classificação da Pesquisa

Em virtude de não haver muitos trabalhos anteriores que tratem da AM relativos a MB,

em especial sob o contexto da cadeia de suprimento, o presente estudo, conforme classificação proposta por Gil (2002), possui um viés exploratório, tendo-se, pois, o aprimoramento de ideias e o levantamento de hipóteses acerca do tema tidos como principais fins da pesquisa.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), este estudo é classificado como uma pesquisa aplicada, com abordagem qualitativa e, de modo a atingir os objetivos propostos, a pesquisa divide-se em duas etapas principais, classificadas distintamente.

Inicialmente, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre o assunto tratado, com ênfase em publicações, livros, dissertações, artigos e consultas a sítios na internet. Esse tipo de procedimento metodológico permite uma abrangência sobre o assunto tratado muito além do que seria possível por meio de pesquisas diretas (GIL, 2002). À luz dos conhecimentos obtidos com

Quadro 4: Matriz GUT

	<b>Gravidade</b> Impacto do problema sobre coisas, pessoas, resultados, processos ou organizações e efeitos que surgirão a longo prazo, caso o problema não seja resolvido	<b>Urgência</b> Relação com o tempo disponível ou necessário para resolver o problema	<b>Tendência</b> Potencial de crescimento do problema, avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema.
<b>5</b>	O dano é extremamente importante?	Tenho de tomar uma ação bastante urgente?	Se mantiver a mesma forma e intensidade de atuação, a situação vai piorar (crescer) muito?
<b>4</b>	O dano é muito importante?	Tenho de tomar uma ação urgente?	Se mantiver a mesma forma e intensidade de atuação, a situação vai piorar (crescer)?
<b>3</b>	O dano é importante?	Tenho de tomar uma ação relativamente urgente?	Se mantiver a mesma forma e intensidade de atuação, a situação vai permanecer?
<b>2</b>	O dano é relativamente importante?	Posso aguardar?	Se mantiver a mesma forma e intensidade de atuação, a situação vai melhorar?
<b>1</b>	O dano é pouco importante?	Não há pressa?	Se mantiver a mesma forma e intensidade de atuação, a situação vai melhorar (desaparecer) completamente?

Fonte: Adaptado de Brasil (2019).

esta pesquisa, foram verificados, dentre outros, os principais aspectos a serem considerados quando da implementação da AM.

Em um segundo momento, de modo a identificar de que forma a tecnologia poderia aplicar-se ao Plano de Prontidão Permanente do Sistema de Abastecimento da Marinha foram realizadas entrevistas e análises das informações coletadas, conduzindo a pesquisa como um estudo de caso. É estabelecido por Gil (2008, p. 54) que esse tipo de análise é um “estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado”.

### 3.2 Coleta e tratamento dos dados

O início da fase de coleta de dados da pesquisa se deu com a busca e avaliação da pertinência dos assuntos encontrados com teor relevante a respeito da evolução das tecnologias de impressão 3D e o avanço que isso proporcionou à Manufatura Aditiva. Do mesmo modo, foram apuradas as oportunidades e potenciais dificuldades a serem enfrentadas a partir da adoção da AM nos meios navais. Ademais, foram realizadas entrevistas a militares do CCIM, a fim de aprofundar ainda mais as informações já verificadas por meio das normas e publicações da MB.

Segundo Gil (2008), enquanto coleta de dados, a entrevista é bastante adequada para a obtenção de informações acerca do assunto tratado, podendo ser classificada no presente estudo como entrevista informal, pois teve como princípio básico a coleta de dados, buscando apenas uma visão geral do tema, sendo recomendado em estudos exploratórios.

Os dados da entrevista foram utilizados para delimitar os itens que potencialmente poderiam ser produzidos por meio da AM, ao mesmo tempo que foi identificado o tipo de tecnologia e impressora 3D que mais adequa-se aos sobressalentes contemplados na relação do Plano.

Por fim, de forma complementar e concomitante às entrevistas e análise dos dados obtidos, foram apuradas as oportunidades e as dificuldades, com base na pesquisa bibliográfica, que poderão ser enfrentadas a partir da adoção da AM, já sendo levados em consideração os dados obtidos junto ao CCIM. Para tal, foram utilizadas as ferramentas de gestão SWOT e GUT, permitindo uma melhor clareza das informações e uma classificação dos principais aspectos verificados.

### 3.3 Delimitação do Estudo

Conforme Vergara (2016), fatores como complexidade e histórico impossibilitam uma análise da realidade como um todo, fazendo-se necessárias delimitações ao estudo. Sendo assim, este trabalho restringe-se exclusivamente ao exercício P3SAM, utilizando dados da comissão Aspirantex realizada no ano de 2018, em virtude de ser a fonte mais recente disponibilizada e com maior quantidade possível de informações a se utilizar.

Ressalta-se que a relação apresentada pelos militares do CCIM dos itens de sobressalentes embarcados nessa comissão era dividida em dois grupos principais: materiais eletrônicos e não eletrônicos. Por conta da complexidade dos materiais eletrônicos, que torna sua impressão tridimensional mais elaborada, eles não foram considerados para esta pesquisa, restringindo-se apenas aos não-eletrônicos.

Outro ponto considerado foi o Símbolo de Jurisdição dos materiais. Na relação em tela, havia um total de 839 itens distintos de sobressalentes, dos quais 781 (aproximadamente, 93,09%) possuíam SJ “CH”. Assim, no presente estudo, foi verificada apenas a viabilidade de produção dos sobressalentes de SJ “CH”.

## 4 ESTUDO DE CASO

São apresentados os resultados encontrados neste estudo de caso. Inicialmente, são

analisados os dados, seguido pela apresentação dos aspectos mais relevantes constatados para que ocorra implementação da manufatura aditiva no P3SAM e, por fim, uma análise estratégica desses aspectos, com a utilização das ferramentas de gestão SWOT e GUT.

#### 4.1 Análise dos dados

As características físicas de cada objeto definem a tecnologia de AM a ser utilizada para a confecção do item. Dessa maneira, foram consultadas no SINGRA as dimensões e o material do qual é feito cada um dos 839 itens de sobressalente distintos que foram embarcados na comissão Aspirantex 2018, tendo sido obtidos os seguintes dados, conforme Gráfico 1.

Assim, pode-se observar que, pelo menos, 60,91% de todos os diferentes itens levados para a comissão eram de metal (aço ou cobre). Por essa razão, pode-se concluir que, para que seja implementada a manufatura aditiva no P3SAM, devido à significância dos itens, a tecnologia mais adequada é a LENS, já que é a mais adequada para impressão de objetos metálicos, que necessitam de grande resistência, conforme exposto na seção 2.1 do presente estudo.

Com isso, foi verificado o portfólio das empresas *Optomec* e *POM*, principais empresas

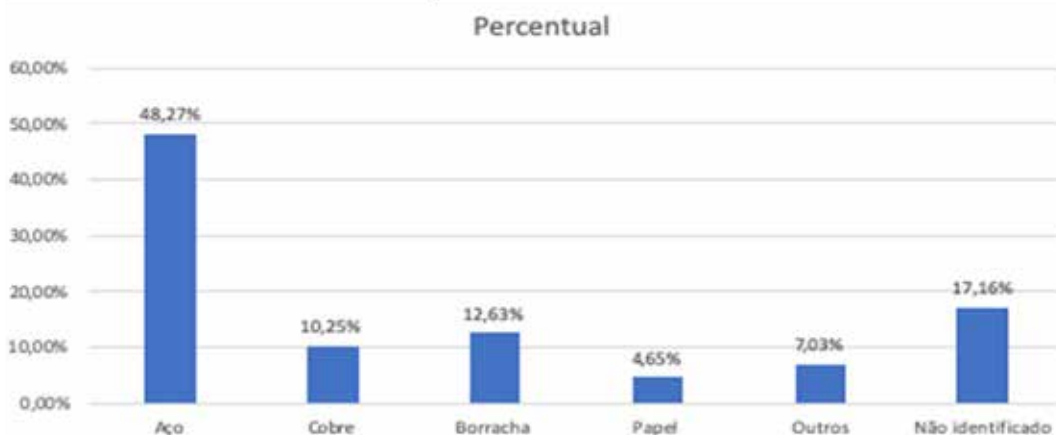
que produzem impressora 3D dessa categoria no mundo, por meio de seus sites na internet, de modo a identificar as características de seus produtos que possam configurar-se como fator limitante para imprimir os itens do P3SAM.

Até a data de conclusão deste estudo, as impressoras 3D produzidas por essas empresas eram capazes de produzir peças que variavam entre 150x150x150 mm e 900x1500x900 mm (modelos *C150 System* e *C1500 System*, respectivamente, ambos da *Optomec*). Comparando com os itens de sobressalente que poderiam ser impressos por este tipo de impressora, por conta do material do qual são feitos, verificou-se que 93,74% estão dentro das medidas máximas suportadas pela impressora, 0,98% estão além das medidas e 5,28% não possuíam suas dimensões registradas no sistema.

Portanto, é possível constatar que, com base nas características físicas básicas de material e tamanho, a utilização de uma impressora tridimensional poderia substituir 57,09% dos itens que compuseram o P3SAM da comissão Aspirantex 2018.

As conclusões verificadas na análise dos itens de sobressalente que compuseram a Aspirantex 2018 tornam possível identificar fatores que, em um primeiro momento, poderão se configurar

Gráfico 1: Matéria-prima identificada nos sobressalentes



Fonte: Elaborada pelos autores.

como positivos ou negativos para que seja possível a implementação da AM ao P3SAM.

Dessa forma, a partir do levantamento bibliográfico realizado, foram identificados os aspectos de maior relevância associados à implantação da tecnologia a serem considerados por ocasião de uma eventual utilização da AM do tipo LENS no P3SAM.

## 4.2 Aspectos relevantes

Com base nas informações já apresentadas, obtidas por meio de pesquisas e entrevistas, foi possível aos autores identificarem os aspectos relevantes da utilização de uma impressora 3D do tipo LENS a bordo dos navios de guerra da MB, por ocasião dos exercícios reais do P3SAM.

### a) *Tempo de atendimento*

Alinhado com o P3SAM, é de suma importância que o abastecimento de um item de suprimento ocorra de forma tempestiva. Nesse viés, a AM pode contribuir sobremaneira para garantir a prontidão operativa dos meios.

De modo a exemplificar o caso, uma análise da redução do tempo pode ser feita a partir de uma situação prática em que um navio, distante da costa, necessita de um determinado sobressalente. Com o pessoal qualificado e o material necessário seria possível, em questão algumas horas, resolver um problema logístico gerado pela eventual ausência desse sobressalente.

Vale destacar que a manufatura aditiva não é recomendada para realizar produção em grandes lotes devido ao tempo de produção, que pode ser extenso, sendo considerada uma restrição para a disseminação da tecnologia.

### b) *Custos*

Um fator fundamental quando se trata de qualquer tipo de mudança são os custos envolvidos. Ao decidir utilizar uma impressora tridimensional do tipo LENS como parte do P3SAM, podem-se identificar algumas variações nos custos do Plano.

Tendo em vista que a produção das peças ocorreria no próprio navio, infere-se, pois, que custos logísticos, como armazenagem, transporte e mão-de-obra, por exemplo, seriam eliminados ou reduzidos. Destaca-se também o custo da imobilização do capital, que poderia ser diminuído consideravelmente. No entanto, com a inovação, advém o custo de manutenção do equipamento, até então inexistente e, portanto, desconhecido.

Além disso, por se tratar de uma tecnologia ainda em crescimento, impressoras do tipo LENS possuem ainda preços elevados para aquisição inicial. Portanto, o investimento para sua implementação (compra, qualificação de pessoal, aquisição de *software* etc.) deve ser considerado no planejamento. Todavia, vale mencionar que, com o crescimento e maior desenvolvimento da AM, a tendência é que os custos reduzam gradativamente com o tempo, como acontece com as impressoras 3D do tipo FDM, tornando-se ainda mais vantajoso.

### c) *Personalização*

A capacidade de realizar impressões sob demanda permite redução de tempo e custo comparado com os métodos tradicionais. Soma-se a isso a possibilidade de realizar projetos personalizados e que atendam às necessidades específicas dos navios da MB, contando ainda com a possibilidade, no caso da LENS, de utilizar diferentes ligas metálicas para a fabricação.

Por outro lado, o acabamento e a robustez são pontos a melhorar na AM que, comparado com os processos usuais de fabricação, ainda apresentam qualidade inferior. Ademais, as peças podem não ter qualidade quando expostas a tensões elevadas, e os tamanhos e materiais dos sobressalentes podem limitar o uso da impressora.

### d) *Armazenamento*

No geral, a matéria-prima utilizada para impressão 3D nas impressoras tipo LENS

consiste em pós ou filamentos metálicos, facilitando a armazenagem e transporte nos meios. No caso da implantação das impressoras 3D a bordo dos navios, quanto ao volume de estoque, as matérias-primas da impressora atuariam como substitutos de diversos itens de sobressalentes, e, conseqüentemente, trariam uma redução do volume de itens estocados, uma vez que a mesma matéria-prima poderia ser utilizada para criar diversos objetos.

Todavia, essa mesma característica possui um aspecto negativo, uma vez que ao reduzir os sobressalentes estocados passa a existir o risco de indisponibilidade. Dessa forma, é imperativo que haja uma gestão efetiva do estoque de modo a minimizar as conseqüências do *trade-off* existente.

#### e) *Situações de crise*

Apesar do Brasil não possuir um histórico recente de guerras, muitos navios da MB são empregados em missões de paz, além de comissões no país e no exterior, situações estas em que pode ser ativado o P3SAM.

A possibilidade de fabricação de um item de sobressalente a bordo do próprio navio pode ser vista como uma oportunidade de obter vantagem estratégica sobre outras nações em situações de conflito. Vale ressaltar que a tecnologia precisaria passar por testes, já que não há histórico de sua utilização, principalmente nessas situações adversas, como uma guerra, para verificar sua efetividade e suas limitações.

A US Navy já dispõe de capacidade de fabricação de peças sobressalentes, por meio de AM em seus Centros de Reparos de Esquadra e já utilizam impressoras tridimensionais a bordo dos navios em alto mar, o que poderia funcionar como um *benchmarking* para validação da tecnologia nos navios.

#### f) *Pessoal*

Quanto ao pessoal, a MB possui um fator bastante favorável: sua elevada quantidade de força de trabalho. Assim, é mais fácil identificar militares com perfil voltado à inovação e

motivados a trabalhar em uma área de conhecimento nova.

Outro fator importante referente a esse aspecto é a qualificação de pessoal, seja para operar os equipamentos, seja no desenvolvimento gráfico das peças. Atualmente, ainda é inexpressiva a quantidade de profissionais com proficiência na utilização das tecnologias de AM no mercado brasileiro. Contudo, vale destacar que a operação de equipamentos de AM é menos complexa do que máquinas industriais, o que acaba por gerar uma menor necessidade de treinamento para os operadores.

Convém salientar que, um ponto que merece observação é a cultura organizacional da MB, no geral, bastante avessa a mudanças. Todavia, o comprometimento de autoridades do alto escalão no apoio à inovação pode influenciar diretamente o comportamento dos demais militares, minimizando a resistência à implementação da nova tecnologia.

#### g) *Tecnologia da Informação*

Por ser uma tecnologia com grande desenvolvimento, é esperado que muitas mudanças ainda ocorram, gerando oportunidades significativas aos usuários.

Ademais, um aspecto relevante a ser considerado quando da utilização da AM é a necessidade dos desenhos 3D dos itens. Sua importância decorre do fato de que a inexistência desses projetos se torna um fator limitador para a manufatura das peças, sendo necessária a aquisição de um *software* para o desenvolvimento ou aquisição desses desenhos e, posteriormente, o desenvolvimento de um banco de dados integrado.

No contexto do P3SAM, um banco de dados traria a capacidade de expandir a utilização da impressora 3D independentemente do local em que o navio se encontrasse, sendo um importante ganho estratégico.

#### h) *Planejamento*

Uma vez que os desenhos 3D das peças estejam disponíveis, a produção do

sobressalente seria limitada apenas pelas dimensões do item, pelo material do qual é feito e por sua complexidade. Como já verificado anteriormente, mais da metade dos itens poderiam ser produzidos dentro do próprio navio.

Dessa forma, a fase de planejamento, na qual são verificados quais sobressalentes devem compor a lista do P3SAM, torna-se consideravelmente mais simples, exigindo menos envolvimento de pessoal, podendo haver um esforço maior para outras atividades.

Por outro lado, impressoras tipo LENS encontradas no Brasil normalmente são importadas, bem como seus filamentos, possuindo assim preços elevados, além de não serem de tão fácil acesso. Portanto, em que pese necessitar de um menor planejamento dentro do P3SAM, há necessidade de maior preparação quanto ao processo de compra, ao menos na primeira aquisição dos equipamentos

Outro ponto que pode conferir vantagem no planejamento é a mobilidade da produção. Uma mesma impressora poderia, de um ano para outro ou entre comissões, ser deslocada de um navio para outro, conferindo flexibilidade ao planejamento.

*i) Cadeia de suprimentos*

Um quesito facilitador para que a AM possa ser utilizada no P3SAM deve-se à MB possuir uma cadeia de suprimentos muito bem estruturada, com normas e responsabilidades já atribuídas aos Órgãos envolvidos, sendo necessárias apenas adequações. Além disso, a Marinha possui dois Órgãos de Obtenção no Exterior, o que facilitaria sobremaneira nas aquisições fora do Brasil, caso fosse viável.

No mais, a AM traz consigo a possibilidade de expandir a relação de itens atendidos pelo P3SAM, possibilitando uma maior eficiência no abastecimento dos meios navais.

**Quadro 5: Principais fatores referentes a aplicação da AM no P3SAM**

<i>Aspecto</i>	<i>Pontos Positivos</i>	<i>Pontos Negativos</i>
<i>Tempo de atendimento</i>	<i>Tempo de fornecimento das peças inexistente</i>	<i>Elevado tempo para produção em larga escala</i>
<i>Custos</i>	<i>Custos logísticos reduzidos Menos patrimônio imobilizado</i>	<i>Investimento inicial elevado Custo de manutenção desconhecido</i>
<i>Personalização</i>	<i>Produção sob demanda</i>	<i>Impressora limitada ao tamanho e material dos itens</i>
<i>Armazenagem</i>	<i>Estoque reduzido</i>	<i>Atendimento não imediato em caso de urgência</i>
<i>Situações de crise</i>	<i>Vantagem estratégica</i>	<i>Histórico de casos anteriores inexistente</i>
<i>Pessoal</i>	<i>Elevada quantidade de Força de Trabalho</i>	<i>Pessoal não capacitado Aversão a mudanças</i>
<i>Tecnologia da Informação</i>	<i>Tecnologia em grande desenvolvimento</i>	<i>Inexistência de desenhos 3D e banco de dados</i>
<i>Planejamento</i>	<i>Planejamento simplificado Mobilidade da impressora entre os navios</i>	<i>Poucos fabricantes e fornecedores no âmbito nacional</i>
<i>Cadeia de suprimentos</i>	<i>Maior relação de itens atendidos Cadeia de suprimentos bem estruturada na MB Órgãos de obtenção no exterior eficazes</i>	<i>Muitos itens sem possibilidade de impressão</i>

Fonte: Elaborada pelos autores.

Entretanto, vale lembrar que, como constatado na seção 4.1, aproximadamente 40% dos itens da relação do P3SAM não poderiam ser produzidos no navio, considerando o uso da impressora tipo LENS, sendo, portanto, um fator relevante quando de sua implantação.

No Quadro 5, são destacados os pontos positivos e negativos observados anteriormente.

### 4.3 Análise estratégica dos aspectos identificados

Realizando um breve diagnóstico estratégico dos aspectos acima descritos, foi realizada uma análise dos fatores descritos, classificando-os em oportunidades e ameaças (ambiente externo), e forças e fraquezas (ambiente interno), obtendo, assim, a já designada matriz SWOT, conforme Figura 6.

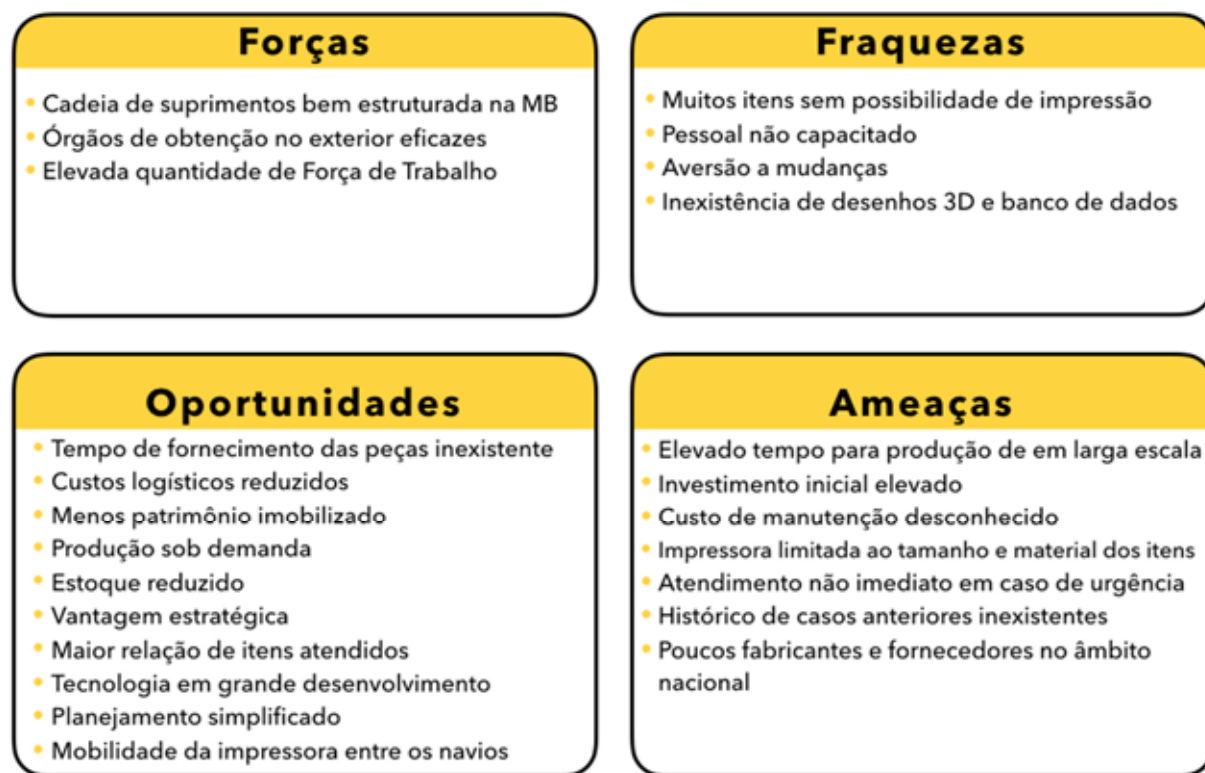
Após realizar a classificação dos fatores previamente identificados, foram utilizados os

dados obtidos para realizar uma priorização daqueles considerados sensíveis e que poderiam causar problemas para a instituição. Sendo assim, apenas os fatores classificados como “Ameaças” e “Fraquezas” foram considerados. Nessa análise de priorização, será utilizada a matriz GUT.

Para mitigar provável enviesamento dos autores na pontuação, foi solicitado aos entrevistados que atribuísem graus de 1 a 5 para os aspectos de gravidade, urgência e tendência de cada um dos fatores verificados. Os resultados obtidos com a análise realizada são os apresentados no Tabela 1.

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que, em uma eventual tomada de decisão quanto à utilização de impressora 3D do tipo LENS no P3SAM, a inexistência de desenhos 3D e, conseqüentemente, de um banco de dados desses desenhos é o

Figura 6: Matriz SWOT



Fonte: Elaborada pelos autores.



Tabela 1: Resultado da Matriz GUT

<i>Fator</i>	<i>Gravidade</i>	<i>Urgência</i>	<i>Tendência</i>	<i>Total</i>
<i>Inexistência de desenhos 3D e banco de dados</i>	5	5	4	100
<i>Atendimento não imediato em caso de urgência</i>	5	4	4	80
<i>Muitos itens sem possibilidade de impressão</i>	4	4	4	64
<i>Pessoal não capacitado</i>	3	4	3	36
<i>Investimento inicial elevado</i>	4	4	2	32
<i>Impressora limitada ao tamanho e material dos itens</i>	3	2	3	18
<i>Elevado tempo para produção em larga escala</i>	2	2	2	8
<i>Custo de manutenção desconhecido</i>	2	2	2	8
<i>Histórico de casos anteriores inexistente</i>	3	1	1	3
<i>Aversão a mudanças</i>	1	1	2	2
<i>Poucos fabricantes e materiais no âmbito nacional</i>	2	1	1	2

Fonte: Elaborada pelos autores.

principal fator que deve ser levado em consideração, visto que limita o uso da tecnologia.

É mister ressaltar que esse fator se deve ao fato da tecnologia ainda estar em crescimento, mas que, com o passar do tempo, as peças poderão ser desenhadas tridimensionalmente, fazendo com que este obstáculo seja devidamente controlado.

Seguindo a análise da GUT, destaca-se que o não atendimento imediato de determinado item de sobressalente é também um fator de grande relevância estratégica para o uso da AM. Em uma situação de emergência em que possa ocorrer a necessidade imediata de determinado item, sua produção pode ser demorada, havendo riscos muito

significativos decorrentes disso. No entanto, uma efetiva gerência dos itens estocados pode minimizar os impactos desse risco, sendo, pois, uma importante decisão estratégica a ser feita.

Tal entrave ratifica como o surgimento de uma nova tecnologia com caráter disruptivo no setor de manufatura pode provocar mudanças até mesmo em nível de gestão e estratégias para órgãos e instituições que, em princípio, não seriam afetadas por tal disruptividade.

Por último, o terceiro fator que mais exige atenção é o fato de que 40% dos itens do P3SAM não poderiam ser produzidos pela impressora tipo LENS. Dessa forma, seria

importante que houvesse uma análise acerca da utilização de outras tecnologias de AM, a fim de sanar essa lacuna, reforçando como a gerência da cadeia de suprimentos tem considerável peso dentro da tomada de decisões das organizações.

É possível notar que dos três principais obstáculos à implementação da manufatura aditiva no P3SAM, duas delas devem-se ao fato de a tecnologia ainda ser recente e estar em crescimento.

Ressalta-se que esses possíveis entraves não são limitantes e impeditivos à tomada de decisão, mas apenas realçam a necessidade de mudança de procedimentos, processos, normas e cultura que a Administração Naval deve ter ao optar pela adoção da impressora 3D a bordo dos navios.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Manufatura Aditiva, embora incipiente, tem crescido e poderá modificar toda a estrutura ora existente de produção das empresas e, por conseguinte, suas cadeias logísticas, gerando impactos, inclusive, nos consumidores finais.

Nesse sentido, grandes instituições, como é o caso da Marinha do Brasil, devem manter-se atentas às mudanças que vêm ocorrendo, identificando práticas criativas e inovadoras de modo a acompanhar as mudanças e garantir eficiência em suas atividades.

Nesse sentido, verifica-se que este estudo alcançou seu propósito ao avaliar a aplicabilidade da AM no Sistema de Abastecimento da Marinha, no âmbito de seu Plano de Prontidão Permanente, ao atingir seus três objetivos específicos traçados inicialmente.

O primeiro objetivo específico foi concluído ao identificar, a partir de dados e informações obtidos por meio de entrevistas, que a tecnologia do tipo *Laser Engineered*

*Net Shape* (LENS) é a que possui maior adequabilidade para utilização no P3SAM, quando comparada às demais tecnologias existentes atualmente.

Posteriormente, fundamentado em pesquisas bibliográficas realizadas, em conjunto com as entrevistas, foram identificados dez aspectos relevantes a serem considerados para que haja a implementação da AM ao P3SAM, sendo esses subdivididos em fatores positivos e negativos, atingindo o segundo objetivo específico proposto.

Por fim, o último objetivo foi alcançado por meio de uma análise estratégica, na qual foram priorizados aqueles fatores que exigirão da Administração Naval maior atenção e gerência, sendo eles: a inexistência de desenhos 3D e banco de dados das peças do SAbM, a possibilidade de não atendimento imediato de determinado item em situação de urgência e a grande quantidade de itens do P3SAM fora do escopo da impressora tipo LENS.

Dessa maneira, pôde ser percebida a importância de uma preocupação com aspectos tecnológicos para que ocorra a implementação adequada da tecnologia. Além disso, fica evidente a importância de uma efetiva gestão dos estoques de sobressalentes, a fim de encontrar o equilíbrio ideal no *trade-off* entre diminuir o estoque e o risco da ausência da peça em caso de urgência.

Tendo em vista o estágio relativamente inicial em que a AM se encontra e a complexidade do SAbM, cabe destacar que esta pesquisa não esgota o assunto tratado, sendo, pois, identificadas no decorrer deste estudo as seguintes sugestões de trabalhos futuros, de modo a aprofundar o tema:

a) identificar a aplicabilidade da utilização de outras tecnologias de AM em conjunto com

a LENS, de modo a minimizar ao máximo as listas de itens abrangidas pelo P3SAM; e b) expandir o estudo da aplicabilidade da AM na MB, identificando de que forma ela pode ser implementada no SAbM, de modo mais abrangente.

Dessa maneira, espera-se ter podido contribuir com a Marinha do Brasil não só no aprimoramento do P3SAM e em um melhor desempenho de seu Sistema de Abastecimento, como também para despertar em seus militares e servidores civis um olhar voltado para inovação e busca constante por melhorias, possibilitando à instituição manter-se em elevado patamar tecnológico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BLANCHARD, David **Supply chain management**: best practices. 2. ed. New Jersey: Wiley, 2010.
- BRASIL, Ministério da Defesa. Secretaria de Política Estratégica e Assuntos Internacionais. **Doutrina Militar de Defesa**. 2. ed. Brasília, 2007.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Secretaria-Geral da Marinha. **SGM-107**: normas gerais de administração. v. 1, 7. rev., Brasília, 2019.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Secretaria-Geral da Marinha. **SGM-201**: normas para execução do abastecimento. 6. rev., Brasília, 2009.
- CHRISTOPHER, Martin. **Logistics & supply chain management**. 4. ed. Harlow: Pearson, 2011.
- CUNICO, M. W. M. **Desenvolvimento de nova tecnologia da manufatura aditiva baseado em formação seletiva de compósito**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Área de Concentração em Projeto Mecânico. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- DMD Machines Solutions**. Disponível em: [http://www.pomgroup.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=215&Itemid=918](http://www.pomgroup.com/index.php?option=com_content&view=article&id=215&Itemid=918). Acesso em: 24 out. 2019.
- FÉLIX, L.A.G. **Potencial disruptivo da manufatura aditiva**: influência nas cadeias de suprimentos e uma aplicação na Marinha do Brasil. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Pontifícia Universidade Católica-Rio. Rio de Janeiro, 2017.
- FREITAS, J. C. S. **Impressão 3D**: prospecção de tecnologia com análises de redes sociais. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ. Rio de Janeiro, 2016.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HAUSMAN, K. K.; HORNE, R. **3D printing for dummies**. 2. ed. Hoboken; New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.
- ISO/ASTM 52900:2015**, Standard, 2015. Additive manufacturing - general principles - terminology. International Organization for Standardization (ISO). ISO Central Secretariat, Geneva, Switzerland.
- KOTEN, John. A Revolution in the Making: Digital technology is transforming manufacturing, making it leaner and smarter—and raising the prospect of an American industrial revival. **The Wall Street Journal**, USA, jun. 2013. Disponível em: [https://www.stevewrightcre.com/wp-content/uploads/2013/07/Advanced-Manufacturing\\_The-New-Industrial-Revolution-WSJ-6-17-13.pdf](https://www.stevewrightcre.com/wp-content/uploads/2013/07/Advanced-Manufacturing_The-New-Industrial-Revolution-WSJ-6-17-13.pdf). Acesso em: 15 set. 2019.
- Optomec: 3D printing solutions for an additive age**. Disponível em: <https://www.optomec.com>. Acesso em: 24 out. 2019.
- POULSEN, S. N. **A delphi study of additive manufacturing applicability for United States Air Force civil engineer contingency operations**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Air Force Institute of Technology. Ohio, 2015.
- PRODANOV, C.; FREITAS, E. **Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Rio Grande do Sul: Feevale, 2013.
- RAULINO, B. R. **Manufatura Aditiva**: Desenvolvimento de uma Máquina de Prototipagem Rápida Baseada na Tecnologia FDM (Modelagem por Fusão e Deposição). Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº 12, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 142 p. 2011.

SIN, M. L. **Achieving ship's mission flexibility through designing, printing and operating unmanned systems with additive manufacturing and delayed differentiation.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas). Naval Postgraduate School. Monterey, California, 2016.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A; JOHNSTON, R. **Operations management.** 7. ed. Harlow: Pearson, 2013.

SOUZA, Juliano de. **Impacto da evolução da manufatura aditiva sobre o desenvolvimento de produto.** 2016. 71 f. Monografia (Gestão do Desenvolvimento de Produto) - Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

VEIT, D.R. **Impactos da manufatura aditiva nos sistemas produtivos e suas repercussões nos critérios competitivos.** 2018. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção

e Sistemas). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

VERGARA, S.C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D.** São Paulo: Blucher, 2017.

WINDLE, W. A. **Additive manufacturing: preparing for the reality of science fiction.** Dissertação (Mestrado de Artes em Estudos de Segurança). Naval Postgraduate School. Monterey, California, 2015.

WONG, K. V.; HERNANDEZ, A. A review of additive manufacturing. **ISRN Mechanical Engineering**, v. 2012, 2012. Article ID 208760, 10 pages. DOI: 10.5402/2012/208760.