



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR

IUM Atualidade

Centro de Investigação e Desenvolvimento

Número 17

Junho 2019

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO MILITAR

Impactos da impressão 3d num futuro próximo

Autores:

Geanne Costa

Maria Clara de Abreu Rocha e Silva

Neandro Melo Velloso

Tenente-coronel Pedro Alexandre Bretes Amador

Tiago Miguel Felício Dâmaso

Centro de Investigação e Desenvolvimento do IUM

Junho de 2019

A publicação *IUM Atualidade* visa publicar eletronicamente no sítio do IUM, ensaios ou artigos de opinião sobre temas de segurança e defesa da atualidade, assim como trabalhos sobre temáticas pertinentes e de mais-valia para a *práxis* do Instituto, preferencialmente da autoria de docentes do IUM, investigadores do CIDIUM ou de outros investigadores nacionais ou estrangeiros, a convite do Diretor ou por iniciativa própria.

Números publicados:

1. Intervenção Militar Francesa no Mali – Operação SERVAL (Abril de 2014)
Tenente-coronel de Infantaria Pedro Ribeiro
Major de Infantaria António Costa
Major de Infantaria Hugo Fernandes
2. A Aviação Estratégica Russa (Dezembro de 2014)
Coronel Técnico de Manutenção de Armamento e Equipamento José Mira
3. A Crise na Ucrânia (Março de 2015)
Tenente-coronel de Engenharia Leonel Martins (Coord.)
Tenente-coronel Navegador António Eugénio (Coord.)
4. A Dissuasão Nuclear na Europa Central (Outubro de 2015)
Coronel Técnico de Manutenção de Armamento e Equipamento José Mira
5. Afeganistão treze anos depois (Fevereiro de 2016)
Tenente-coronel Técnico de Informática Rui Almeida
6. O Aviador do Futuro: evolução expectável e possíveis contributos da *Internet* das Coisas (IoT) (Abril de 2016)
Coronel Piloto-Aviador António Moldão
7. (Versão Portuguesa)
Regras e Normas de Autor no CIDIUM: Transversais e Específicas das Várias Linhas Editoriais (Julho de 2017)
Coronel Tirocinado Lúcio Santos
Major Psicóloga Cristina Fachada
7. (Versão Inglesa)
CIDIUM Publication Guidelines: General and Specific Guidelines of the IUM (Novembro de 2017)
Coronel Tirocinado Lúcio Santos
Major Psicóloga Cristina Fachada
8. Capacidades balísticas no território de Kaliningrado (Dezembro de 2017)
Coronel Técnico de Manutenção de Armamento e Equipamento José Mira
9. O processo estratégico do poder financeiro internacional para a defesa do interesse nacional (Junho de 2018)
Professora Doutora Teodora de Castro
10. Armas “proibidas”: O caso dos lasers cegantes (Julho de 2018)
Coronel (Res) José Carlos Cardoso Mira
11. A “nova” república da Macedónia do norte: significado geopolítico e geoestratégico (Agosto de 2018)
Tenente-coronel (GNR) Marco António Ferreira da Cruz

12. Mobilidade no espaço da CPLP: Desafios securitários (Setembro de 2018)
Major de Artilharia Pedro Alexandre Bretes Ferro Amador
13. A crise dos migrantes e refugiados no espaço Europeu. Contributos do instrumento militar (Novembro de 2018)
Major de Engenharia João Manuel Pinto Correia
14. *NATO after the Brussels Summit. An optimistic perspective* (Novembro de 2018)
Tenente-coronel de Infantaria Francisco Proença Garcia
15. *John McCain: o militar que serviu a América e deixou um exemplo ao mundo* (Dezembro de 2018)
Major de Artilharia Nuno Miguel dos Santos Rosa Calhaço
7. (2.^a edição, revista e atualizada) *Regras e Normas de Autor no IUM* (Janeiro de 2019)
Major Psicóloga Cristina Paula de Almeida Fachada
Capitão-de-fragata Nuno Miguel Brazuna Ranhola
Coronel Tirocinado Lúcio Agostinho Barreiros dos Santos
16. *O poder de Portugal nas relações internacionais* (Março de 2019)
Professor Doutor Armando Marques Guedes (Coord.)
Tenente-coronel Ricardo Dias da Costa (Coord.)

Como citar esta publicação:

Costa, G., Silva, M.C.A.R., Velloso, N.M., Amador, P.A.B., & Dâmaso, T.M.F. (2019). *Impactos da impressão 3D num futuro próximo*. IUM Atualidade, 17. Lisboa: Instituto Universitário Militar.

Diretor

Tenente-general Manuel Fernando Rafael Martins

Editor-chefe

Major-general Jorge Filipe Marques Moniz Côrte-Real Andrade (Doutor)

Coordenador Editorial

Coronel Tirocinado Lúcio Agostinho Barreiros dos Santos (Mestre)

Chefe do Núcleo Editorial

Major Psicóloga Cristina Paula de Almeida Fachada (Doutora)

Capa – Composição Gráfica

Tenente-coronel Técnico de Informática Rui José da Silva Grilo

Secretariado

Soldado Rui Miguel da Silva Porteiro

Propriedade e Edição

Instituto Universitário Militar

Rua de Pedrouços, 1449-027 Lisboa

Tel.: (+351) 213 002 100

Fax: (+351) 213 002 162

E-mail: cidium@ium.pt

www.ium.pt/cisdi/publicacoes

ISSN: 2183-2560

© Instituto Universitário Militar, junho, 2019

Nota do Editor:

O texto/conteúdo da presente publicação é da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

ÍNDICE

<i>INTRODUÇÃO</i>	4
1. <i>ENQUADRAMENTO E CONCEPTUALIZAÇÃO</i>	5
2. <i>IMPACTOS MACROAMBIENTAIS DA IMPRESSÃO 3D</i>	7
3. <i>REFLEXOS NO DOMÍNIO MILITAR</i>	14
3.1. <i>Estratégia Genética</i>	14
3.1.1. <i>Saúde</i>	15
3.1.2. <i>Equipamento</i>	16
3.1.3. <i>Armamento</i>	16
3.2. <i>Estratégia Operacional</i>	17
3.3. <i>Estratégia Estrutural</i>	18
<i>CONCLUSÕES</i>	18
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	19

IMPACTOS DA IMPRESSÃO 3D NUM FUTURO PRÓXIMO

IMPACTS OF 3D PRINTING IN A NEAR FUTURE

Geame Costa

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/Brasil
geanne.mc@gmail.com

Maria Clara de Abreu Rocha e Silva

Licenciada em Gestão pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais/Brasil
mclaraars@gmail.com

Neandro Melo

Licenciado pela Universidade Cândido Mendes – Brasil
Analista de Negócios na Go Eyewear S.A
neandro.melo@hotmail.com

Pedro Bretes Amador

Tenente-coronel de Artilharia
Mestre em Segurança e Defesa pelo Instituto Universitário Militar
Docente na Área de Estudo das Crises e dos Conflitos Armados
amador.pab@ium.pt

Tiago Dâmaso

Licenciado em Gestão pelo Instituto Superior de Economia e Gestão
tiagodamasoig@gmail.com

RESUMO

A presente reflexão tem por objetivo identificar possíveis alterações nos fatores macroambientais, resultantes da introdução da manufatura aditiva, vulgar impressão 3D. Para ir ao encontro do objetivo proposto, seguiu-se um raciocínio dedutivo e aplicou-se o modelo de análise PESA, tendo em vista identificar possíveis desafios e alterações à realidade atual nos domínios Político, Económico, Social, Ambiental e, particularmente, Militar, motivadas pela inclusão desta tecnologia nos processos e dinâmicas associadas a cada um dos domínios de análise. Após a análise, conclui-se que a impressão 3D poderá funcionar como um game changer, provocando alterações significativas em todos os fatores macroambientais, em particular no económico. Neste sentido, caberá aos Estados acompanhar a evolução desta tecnologia, fazendo as alterações necessárias para que dela obtenham vantagem competitiva e estratégica.

Palavras-chave: Impressão 3D, Tecnologia, Inovação, Manufatura Aditiva.

ABSTRACT

The present text, under the theme "Impacts of 3D printing in the near future" has the general objective of identifying possible changes in the macroenvironmental factors, resulting from the introduction of additive manufacture, commonly known as 3D printing. In order to meet the proposed objective, a deductive reasoning was followed and the PESA analysis model was applied, in order to identify possible challenges and changes to the current political, economic, social, environmental and, in particular, military aspects, motivated by the inclusion of this technology in the processes and dynamics associated to each of the domains of analysis. After the analysis, it is concluded that 3D printing can function as a game changer, provoking significant changes in all macroenvironmental factors, especially in economic. In this sense, it will be up to the States to monitor the evolution of this technology, making the necessary changes so that they gain a competitive and strategic advantage.

Keywords: 3D Printing, Technology, Innovation, Additive Manufacturing.

INTRODUÇÃO

Tendencialmente, quando se fala de inovação, associa-se à mesma apenas o aspeto tecnológico, ou seja, de como a tecnologia nos afeta e pode afetar. Nestes casos, está-se a referir não a inovação, mas sim a invenção. Esta tem que ver com o desenvolvimento de uma nova ideia ou conceito, relativamente a um novo produto ou processo tecnológico.

Por sua vez, inovação é a utilização dessa invenção, para fins económicos ou sociais, expressando-se em duas grandes dimensões, produtos ou processos.

É no contexto da inovação que este artigo se insere, em particular no que diz respeito à impressão 3D, enquanto novo produto e processo de produção.

De uma forma simples, pode-se dizer que a impressão 3D é a atividade de transformar projetos digitais em objetos tangíveis. É esta a possibilidade que identifica a tecnologia de impressão 3D, como um dos fatores tecnológicos que mais poderá afetar o mundo num futuro próximo.

Por um lado, os campos de aplicação. Se inicialmente se pensou que se limitaria à Indústria de produção, como a aeronáutica ou automóvel, a realidade é que os impactos da introdução deste tipo de tecnologia vão muito mais além do que seria expectável, marcando presença em áreas tão diversas como a Saúde, a Habitação, a Defesa ou mesmo a Alimentação (DHL, 2018).

Por outro, as previsões de crescimento, que poderão variar dos 180 mil milhões aos 490 mil milhões de USD até 2025, segundo dados da consultora McKinsey. Este crescimento, pode traduzir-se num conjunto de oportunidades e vantagens para Estados e empresas, quer em termos de valor económico, quer na criação de novos empregos (DHL, 2016). Uma maior rapidez de produção, possibilidade de personalização, redução da complexidade dos sistemas de produção, de custos, de desperdícios e da emissão de CO₂, realçam o impacto da impressão 3D na desejada vantagem competitiva.

Contudo, a implementação desta tecnologia levanta também inúmeros desafios. De acordo com o ING Wholesale Banking (WB), a impressão local de bens pode fazer reduzir significativamente o comércio global em cerca de 40%, com impactos diretos em empresas distribuidoras, de transportes e nas balanças comerciais dos Estados, pondo em causa os atuais (des)equilíbrios (ING, 2017).

Esta tecnologia ameaça também os modelos tradicionais de produção, que correspondem atualmente a 16% da economia mundial, representando cerca de 80 milhões de biliões de USD. Segundo Anthony Bourne¹, a tecnologia de impressão 3D deverá atingir o pico já no futuro próximo, passando para uma produção em grande escala, através da introdução de sistemas automáticos, mais rápidos e melhor interligados, o que amplia a relevância deste tema (AT&Kearney, 2017).

Para além da passagem à grande escala, a potencialidade da aplicação desta tecnologia só encontra paralelo com o surgimento do motor a combustão. De acordo com o ING WB, será difícil calcular o potencial da impressão 3D, mas alguns especialistas acreditam que, nas próximas duas décadas, até 50% dos produtos do mercado global vão ser produzidos com recurso a esta nova tecnologia (ING, 2017).

Vista como um catalisador da 4ª Revolução Industrial, a impressão 3D desperta assim o interesse de vários Estados, no sentido de se tornarem mais competitivos. Constituem-se como exemplo, os Estados Unidos da América (EUA) e a Alemanha como líderes, mas também a China, Coreia, Itália e Reino Unido (AT&Kearney, 2017). A título de exemplo, a Itália está a investir em impressão 3D no sentido de reduzir o desemprego, incentivando as suas empresas a investir nesta tecnologia, nomeadamente as do setor da joalheria e metalurgia, tornando este setor mais competitivo. Por sua vez, a Arábia Saudita pretende imprimir mais de um milhão de casas nos próximos cinco anos, através de uma empresa chinesa, a Winsun, com a qual assinou um contrato no valor de 1,5 mil milhões de USD.

¹ *Global Industry Director of Industrial & High Tech Manufacturing* da IFS.

Considerando o elevado potencial de mudança que a tecnologia de impressão 3D nos apresenta, nos mais variados domínios, reconhece-se a relevância deste tema, pelo que importa perceber de que forma poderá esta tecnologia fazer alterar alguns dos domínios da sociedade num futuro próximo².

Para tal, estabeleceu-se como objetivo geral do trabalho, analisar o impacto da impressão 3D no domínio Económico e Militar.

No sentido de dar resposta ao objetivo geral acima definido, organizou-se o trabalho da seguinte forma: o primeiro capítulo dedicado ao enquadramento e conceptualização do tema, no sentido de permitir uma melhor compreensão do trabalho. Os segundo e terceiro capítulos dedicados à aplicação do modelo de análise, onde se procura identificar as alterações nos domínios Político, Económico, Social, Ambiental e com maior profundidade, o Militar, dado o contexto da presente publicação. Após esta análise, apresenta-se os resultados de forma sistematizada, terminando o estudo com algumas conclusões.

1. ENQUADRAMENTO E CONCEPTUALIZAÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O relato da primeira impressão de um modelo sólido surge em 1980, publicado por Hideo Kodama, do Instituto de Investigação Industrial de Nagoya, no Japão. No entanto, Kodama não terminou a especificação completa do processo de patenteamento, iniciado em Maio desse ano, expirando o mesmo um ano após a sua aplicação (Wohlers & Gornet, 2011).

O conceito de Impressão 3D, como o conhecemos, surge em 1984, pela mão de Charles W. Hull, um engenheiro físico norte-americano, que inicia o processo de patenteamento³ da sua tecnologia, também conhecida por Stereolithography (SL). Esta tecnologia de impressão 3D diferenciava-se dos processos desenvolvidos por Hideo Kodama, pela utilização de um ficheiro de extensão STL⁴, onde estão contidas as instruções de impressão (Santos, 2016).

Até ao final da década de 90 do séc. XX, foram gradualmente introduzidas novas tecnologias de impressão 3D, orientadas para aplicações industriais, encontrando-se a investigação e desenvolvimento (I&D) focada na melhoria dos processos de fundição, desenvolvimento de ferramentas e de partes funcionais. Neste quadro, destacam-se: Carl Deckard com a introdução do Selective Layer Sintering (SLS), Scott Crump com o Fused Deposition Modelling⁵ (FDM), Hans Langer com o Direct Metal Laser Sintering⁶ (DMLS), nos Estados Unidos da América (EUA); bem como Dieter Schwarz e Matthias Fockele, na Alemanha, com o desenvolvimento do processo de impressão denominado de Selective Laser Melting (SLM) (Evans, 2014). Estas investigações criaram um novo termo, denominados de Rapid Tooling (RT), Rapid Casting (RC) e Rapid Manufacturing (RM), que atualmente são designados sob o termo de impressão 3D (Santos, 2016)

Até à primeira década do século XXI, verificou-se uma segmentação das impressoras 3D, baseada na qualidade de impressão e custo do equipamento. Numa gama mais alta, situavam-se as impressoras direcionadas para a indústria, com a finalidade de produzir peças de elevada complexidade, engenharia e qualidade, e onde também estava o principal foco de I&D. Numa gama mais baixa situavam-se as impressoras que tinham como foco o desenvolvimento de provas de conceito e protótipos funcionais, desenvolvidas para serem user-friendly, usadas em pequenos escritórios, sendo impressoras que apresentam baixos custos de aquisição. Estas impressoras seriam o prelúdio das que são hoje vendidas ao grande público (Pearce, 2010). Neste contexto, destacamos Adrian Bowyer, Vik Oliver e Rhys Jones, que desenvolveram a primeira impressora que se replica a si mesma, disponibilizando o seu

² Consideramos até um máximo de 10 anos.

³ Esta patente que viria a ser emitida em 1986.

⁴ Atualmente o formato stereolithography (STL) é o mais aceite pelo software de impressão 3D.

⁵ Patente emitida em 1992.

⁶ Patente emitida em 1998.

código fonte gratuitamente, no sentido de democratizar a manufatura e chegar às massas. Releva-se ainda a tecnologia desenvolvida pela Carbon3D Inc., que permite criação de objetos a partir da matéria-prima em estado líquido, ao contrário da construção camada por camada. Este método torna o processo de criação 25 a 100 vezes mais rápido do que os anteriores e cria geometrias anteriormente inatingíveis, abrindo novas oportunidades para a inovação.

1.2. CONCEPTUALIZAÇÃO

Conforme referido, o desenvolvimento deste trabalho foca-se no impacto da impressão 3D nos países desenvolvidos. Para tal, considera-se necessária a compreensão de conceitos fundamentais, como manufatura aditiva, as suas diferentes formas, aplicações e matérias-primas utilizadas.

De acordo com a American Society for Testing and Materials (ASTM), manufatura aditiva é o processo de junção de materiais, a fim de criar objetos a partir de dados de modelos tridimensionais (3D), geralmente camada por camada, em oposição às metodologias de fabricação subtrativas (ASTM, 2015). Apesar de comumente se designar por impressão 3D, esta é, na verdade, uma das seguintes nove formas reconhecidas de manufatura aditiva (MA):

Stereolithography (SLA) - A primeira forma a ser introduzida no mercado, em 1988, por Charles Hull. Consiste na aplicação raios ultravioleta sobre uma resina líquida, de forma a obter a foto polimerização da mesma, passando esta resina do estado líquido ao estado sólido.

Fused Deposition Modelling (FDM) - Material plástico ou cera que são aquecidos e extraídos através de um bocal formando secções transversais camada sobre camada. Após a deposição do material, este retorna ao estado sólido através do seu arrefecimento natural.

Ink Jet Printing (IJP) - O material de impressão e o material de suporte estão guardados em dois reservatórios aquecidos, de forma a manter estes materiais no estado líquido. Estes reservatórios estão ligados à cabeça de impressão que se movimenta no plano das ordenadas e das abcissas. Esta ao receber instruções deposita pequenas gotas destes materiais nas localizações necessárias depositando uma camada. Estas gotas ao serem depositadas arrefecem e solidificam.

Selective Layer Sintering (SLS) - Consiste na utilização de um laser que sintetiza criteriosamente polímeros em pó ou compósitos de metal em sucessivas secções transversais da peça a construir. Esta peça é construída sobre uma plataforma que ajusta a sua altura em função da espessura da camada a construir.

Three Dimensional Printing (3DP) - O processo inicia-se quando o pistão eleva o reservatório de pó, onde posteriormente um rolo distribui uma camada deste material no topo da plataforma de construção. A cabeça de impressão deposita um líquido adesivo nas regiões selecionadas unindo criteriosamente o leito de pó existente na plataforma.

Selective Layer Melting (SLM) - Funcionamento idêntico ao processo anterior, com a diferença que neste processo o raio laser aplicado possui uma elevada potência, sendo capaz de derreter qualquer material em pó (ligas metálicas, cerâmica e polímeros) não sendo necessária a utilização de materiais como polímeros de ligação.

Electron Beam Melting (EBM) - Consiste na utilização de um raio de elétrons, aplicado sobre uma camada de material em pó. Este ao derreter o pó forma gradualmente as camadas do objeto.

Direct Metal Deposition (DMD) - Funciona através de um raio laser industrial controlado por um braço robótico. Este foca-se na zona onde as instruções provenientes do ficheiro CAD indicam, injetando, pixel por pixel, pequenas quantidades de metal em pó, derretendo este com o laser, construindo assim uma fina camada da peça.

Laminated Object Manufacturing (LOM) - Consiste num mecanismo de alimentação que coloca uma folha de material sobre a plataforma de construção, em seguida um rolo aquecido aplica pressão sobre a folha de material de forma a colar esta à camada inferior. Através do laser, o material depositado na plataforma é delimitado e cortado formando uma camada. As peças são obtidas através do empilhamento, colagem e corte das folhas revestidas com adesivo no topo das camadas anteriores.

Independentemente das vantagens de cada processo, entre si distintas, julga-se mais relevante a variedade de materiais que podem utilizar. O processo de MA pode usar termoplásticos, ceras, resinas, cerâmicas, compósitos, polímeros, papel, metais, bem como materiais biológicos. É da combinação das nove matérias-primas e das nove diferentes formas de MA, que se abre um conjunto muito significativo de possibilidades para esta tecnologia.

Apesar da MA ter iniciado limitada à produção de protótipos e moldes para processos de produção tradicional, hoje, com a adição de novos materiais, apresenta quatro aplicações genéricas: prototipagem rápida; fabricação rápida de utensílios; manufatura digital direta; e manutenção e reparação (D.Begley, 2017).

Prototipagem rápida é a MA de um determinado modelo, normalmente iterativo, destinado à forma, para ajuste, para teste funcional ou combinação dos anteriores (ASTM, 2015).

Fabricação rápida de utensílios é a aplicação da MA para criar, de forma rápida, ferramentas ou utensílios, na sua totalidade ou partes, bem como moldes, que por sua vez podem ser utilizados no processo tradicional (ASTM, 2015).

Manufatura digital direta diz respeito à aplicação da MA, a fim de criar um produto final, substituindo o processo de fabricação tradicional (ASTM, 2015).

Por fim, Manutenção e Reparação, é a aplicação da MA para reparar componentes partidas ou fabricar sobressalentes no local necessário (ASTM, 2015).

Contudo, apesar de se considerar a matéria-prima e os processos de fabrico recursos essenciais, há ainda três requisitos essenciais à sua implementação: o software⁷, o equipamento e a sua integração com tecnologias convencionais de fabricação. Quanto ao software, normalmente designado por CAD⁸, permite o desenvolvimento de projetos de geometria complexa, onde considera os diferentes atributos da matéria-prima a utilizar no equipamento. Este último tem vindo a evoluir de forma exponencial, surgindo hoje com configurações multimateriais e com capacidade de incorporar dados e/ou funções mecânicas no produto final, deixando a possibilidade de se tornar disruptivo no domínio económico. Por fim, a integração com os processos tradicionais de produção e outras tecnologias, essencial para a maturidade desta tecnologia e inserção nos mercados.

No âmbito deste trabalho, entende-se igualmente relevante circunscrever o entendimento de país desenvolvido. Apesar de não haver nenhuma convenção estabelecida para a designação de países ou áreas "desenvolvidas" e/ou "em desenvolvimento" no sistema das Nações Unidas, iremos considerar as quatro categorias⁹ apresentadas no Índice de Desenvolvimento Humano do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Atendendo ao objetivo do presente trabalho – impacto da impressão 3D nos países desenvolvidos, apenas se irá considerar os países incluídos na categoria Muito Alto (UNPD, 2018).

2. IMPACTOS MACROAMBIENTAIS DA IMPRESSÃO 3D

Conforme referido, é expectável que o impacto da impressão 3D seja em alguns casos disruptivo e transversal aos fatores macroambientais, nomeadamente nos domínios Político, Económico, Social e Ambiental. Neste sentido, desenvolveu-se uma breve análise dos impactos deste novo processo de produção, assinalando para tal alguns exemplos.

1.3. POLÍTICO

São várias as perspetivas com que se pode olhar para os impactos políticos da impressão 3D – ao nível das dinâmicas do sistema político internacional, da luta de classe, da legislação, só para enunciar alguns exemplos.

Ao nível do sistema político internacional, ao deslocalizar a produção dos países tradicionalmente “produtores”, de que são exemplo os países asiáticos, para os países desenvolvidos ou designados ocidentais, a

⁷ Ou através de scanners 3D. Geralmente gravado no formato STL, que é uma representação triangular ou cartesiana do modelo (Santos, 2016).

⁸ Computer-aided-design.

⁹ Muito alto, alto, médio, baixo.

impressão 3D poderá funcionar como um elemento disruptivo dos equilíbrios políticos e comerciais até agora estabelecidos.

Na dimensão clássica de luta entre classes, também aqui o impacto da impressão 3D se faz sentir. As relações entre os trabalhadores e os empregadores, constituem-se como o exemplo mais comum, sendo muitas vezes frágeis e epicentros de conflito. Ao colocar a impressão 3D no meio da equação, poder-se-á observar a uma perda de poder negocial dos trabalhadores, uma vez que a produção pode ser garantida através de impressoras. Estas têm o efeito de “desqualificar” os trabalhadores mais qualificados, sendo operadas por trabalhadores não qualificados, ou pelo menos controlados por um pequeno grupo de especialistas com conhecimento para projetar os softwares necessários para automação, ou até por inteligência artificial. Ora, com a dispensabilidade de trabalhadores qualificados, é previsível que o poder organizacional e negocial dos trabalhadores reduza progressivamente (weforum, 2019).

Outro impacto que se pode assinalar relaciona-se com a alteração da lógica de consumo para auto produção. Esta possibilidade pode encorajar um certo número de usuários a pensar de maneira diferente sobre o seu modo de vida, ou mesmo conceder menos importância ao seu nível de rendimento, num contexto em que trabalho bem remunerado e estável torna-se cada vez mais difícil. Por outro lado, a adoção de uma indústria assente em 3D, poderá conduzir a elevadas taxas de desemprego, mas tal não é necessariamente mau, se se conseguir garantir aos cidadãos um nível de riqueza adequado, proveniente do trabalho das máquinas e não do homem (Shi, 2019).

Outro aspeto tem que ver com o nível de adoção da impressão 3D. Se for amplamente adotada, a esfera da produção mover-se-á para a esfera privada dos consumidores, confundindo ainda mais as fronteiras entre trabalho e vida privada. Tal poderá conduzir à invasão do espaço privado dos indivíduos, como resultado das tentativas das autoridades de controlar e regular a produção, em nome da segurança pública.

Em boa verdade, a introdução da impressão 3D na sociedade requererá regulamentação e segurança quanto à sua produção, a fim de evitar a criação de produtos nocivos, que podem ser prejudiciais para a sociedade. No entanto, medidas intrusivas como a limitação de plataformas online, o endurecimento das leis de propriedade intelectual e a maior vigilância dos registos de compra dos utentes podem, portanto, ser introduzidos de forma legítima e justificável (Shi, 2019).

1.4. ECONÓMICO

1.4.1. Análise Económica Geral

São vários os fatores que contribuíram para o crescimento da impressão 3D na última década, dos quais se destaca a evolução tecnológica, que permitiu otimizar as impressoras e os produtos por elas utilizados; a eliminação de mitos que enunciavam a fragilidade e a qualidade dos produtos produzidos desta forma; e a consciencialização das empresas que revêm neste processo de produção a possibilidade de ter um carácter diferenciador e competitividade.

Um dos impactos mais prováveis terá que ver com o fluxo de importações e exportações. Tanto as exportações como as importações físicas irão, tendencialmente, diminuir, face à possibilidade de cada pessoa poder imprimir o produto desejado em casa ou em algum estabelecimento dedicado ao efeito. Para além destes dois indicadores, pode-se ainda referir que, apesar do número de mão-de-obra especializada aumentar, face à necessidade de know-how desta tecnologia, o rácio de pessoa-máquina irá diminuir, o que para um país envelhecido como Portugal não se torna necessariamente mau (Observador, 2019).

A nível internacional, o surgimento da tecnologia de impressão 3D, abre a possibilidade de atrair a produção de volta aos países desenvolvidos, de reduzir os desequilíbrios económicos globais, na medida em que a dependência dos países importadores sobre estes diminui.

Também a desaceleração do crescimento das exportações da China e o conseqüente abrandamento económico que se prevê que sofra, pode ter o efeito de minorar o seu status de superpotência económica, contribuindo assim para a manutenção da superioridade das potências ocidentais num futuro próximo. Talvez seja por esta dedução, que a China tem investido milhões nesta tecnologia (3dprint, 2019).

1.4.2. Análise Económica Setorial

De forma a permitir uma visão mais abrangente do tema, importa analisar os impactos desta nova tecnologia nos setores de atividade: primário, secundário e terciário.

1.4.2.1. Primário

Este setor está diretamente ligado à produção e exploração de recursos provenientes da Natureza. Algumas atividades que estão presentes neste âmbito são a Agricultura, a Pesca, a Caça, a Agropecuária, a Mineração, entre outros. Este setor, apesar de não ser o mais afetado, poderá ser objeto de uma grande mudança, devido a fatores internos e fatores externos ao mesmo.

A agricultura, apesar de ter evoluído, continua a estar aquém dos demais setores no que há introdução de tecnologia diz respeito. Nesta atividade, as impressoras poderão trazer diversas vantagens e benefícios. Um exemplo passa pela possibilidade de impressão de peças que atualmente já não existem, ou já não se fabricam. Agora existe a hipótese de imprimir peças, ferramentas, objetos, etc., de forma personalizada ao gosto do agricultor. A personalização pode ser em tamanho, quantidade ou até mesmo especificações.

Apesar de ser uma alternativa com um custo superior ao atual, é uma alternativa rápida, no ponto de vista em que podemos imprimir o que for necessário no local. Grande parte das propriedades que estão ligadas a esta atividade, encontram-se muito distantes e isoladas dos fornecedores das suas máquinas. Assim, em qualquer caso de avaria de uma máquina, esta nova tecnologia iria fornecer uma resposta mais rápida, pois iria reduzir o tempo perdido entre a avaria e a mudança ou atualização de um equipamento, seja ele de pequena ou grande escala.

A indústria extrativa também poderá sofrer algum impacto, na medida em que alguns produtos metálicos poderão ser produzidos diretamente pelo cliente, o que faz com que este apenas necessite da matéria prima, deixando de haver necessidade de intermediários.

Ainda neste setor, duas atividades valem a pena analisar, designadamente a caça e a pesca, que estão diretamente relacionadas com a alimentação do ser humano.

A população mundial tem evoluído a um ritmo cada vez maior, e com isto, a pressão pelo acesso a recursos também. Visto ser uma preocupação mundial e transversal a todos os países, têm sido desenvolvidas tecnologias, métodos e até estilos de vida, que nos podem ajudar a racionalizar os recursos disponíveis.

Uma dessas tecnologias pode ser a impressora 3D. Existem estudos desenvolvidos de uma equipa Sul-Coreana, com o objetivo de conseguir produzir alimentos, com a possibilidade de manipular a sua textura e a absorção por parte do corpo humano desses alimentos. A única questão levantada pelas pessoas, passa pelo facto da possibilidade de estes alimentos não possuírem a qualidade exigida no sabor, pela possibilidade de não serem comestíveis, ou não serem saudáveis (Visagio, 2019).

Caso no futuro esta tecnologia se consiga impor, estar-se-ia perante uma inovação com impactos extremamente relevantes, quer na redução dos impactos ambientais e a extinção de muitas espécies em risco, como se poderia constituir como solução prática aos astronautas, nesta nova dinâmica de conquista do espaço. A única dúvida em relação ao futuro iria ser o comportamento do ser humano face ao desperdício de comida a nível mundial, visto que atualmente enfrenta-se um número muito elevado (30%). Por um lado, pode diminuir, pois o custo de imprimir os alimentos pode ser um pouco mais elevado do que os valores que a alimentação normalmente representa. Mas por outro, pode aumentar ainda mais, pois para além do atual, poderíamos ter em conta ainda experiências feitas por grandes cadeias alimentares, por exemplo (Tecnoshowcomigo, 2019).

1.4.2.2. Secundário

Esta tecnologia tem sido mais utilizada na indústria aeronáutica, na produção de peças de elevada complexidade. Em boa verdade, muitas empresas aeronáuticas têm como objetivo futuro, a impressão de asas ou até mesmo motores, através de uma impressora 3D.

Na realidade, desde o início da sua utilização, verificou-se uma melhoria da performance, o que permitiu produzir peças cada vez mais leves e resistentes, com um custo de produção cada vez menor, com impacto nas emissões de carbono.

Muito semelhante à aeronáutica, a indústria automóvel utiliza estas tecnologias para modular conceitos, e imprimir protótipos, peças e ferramentas. O objetivo principal é produzir peças mais leves, e mais resistentes, com um custo de produção inferior aos custos de fabrico tradicionais, de forma a maximizar a sua rentabilidade. Atualmente já existem empresas que tentam imprimir um carro inteiro numa impressora de tamanho industrial.

Há outros exemplos que se pode enunciar, como a General Electric, que testou um motor de demonstração com 35% de partes criadas em impressão 3D ou a ThyssenKrupp, que fabrica elevadores utilizando esta tecnologia na criação de protótipos de componentes, de equipamentos e para fabricar peças aplicadas no produto final (DHL, 2016).

Quanto à refinação de petróleo e indústrias relacionadas, a redução da necessidade de transportação dos produtos vai ter dois impactos significativos. Uma diminuição no consumo de petróleo e uma diminuição no consumo de plástico utilizado no acondicionamento de produtos.

Relativamente às indústrias de transformação, considerando a velocidade com que a tecnologia se difunde, a impressão de produtos diversos, como joalharia, brinquedos, artigos desportivos, material de escritório, entre outros, à distância de um clique, terá naturalmente impacto na atividade destas indústrias (DHL, 2016).

Também na arquitetura: a impressão 3D é atualmente usada na criação de modelos, permitindo diminuir tempo de produção dos mesmos. Como exemplo, a Rietveld Architects, reduziu o tempo de 2 meses para algumas horas, e de 2 para apenas 1 funcionário. Em poucos anos, prevê-se que seja possível construir casas, pontes, entre outras estruturas com recurso a esta tecnologia (DHL, 2016).

Por último, a indústria do calçado, onde a impressão 3D é utilizada no desenvolvimento de solas. A Adidas e a Nike, por exemplo, já fabricou algumas das suas solas através desta tecnologia, utilizando plástico recuperado dos oceanos (DHL, 2018).

1.4.2.3. Terciário

A medicina, para além de ser uma das mais afetadas, é também um dos casos mais interessantes. Sendo desenvolvido com mais algum pormenor na análise ao fator social, pode-se destacar algum dos impactos económicos. Com as impressoras 3D, surge a possibilidade de produção de próteses customizáveis, melhor ajustáveis e de baixo custo. Tal terá impacto no desenvolvimento desta indústria, nomeadamente nos países menos desenvolvidos e/ou envolvidos em cenários de conflito (Weforum, 2019).

Para além disso, é ainda possível reconstruir tecidos humanos e órgãos, potenciando este tipo de serviço e eventualmente novas empresas que se dediquem ao comércio destes novos “bens”. Também a disponibilidade de equipamento médico de baixo custo, poderá ser uma realidade, em particular nos países com menos recursos. (ING, 2017)

Os correios, ao contrário do que se pode pensar, são uma das atividades que mais pode vir a lucrar com esta tecnologia. Isto porque existe a possibilidade de se vir a tornar como um posto de impressão, para além do previsível aumento das encomendas de matérias primas.

Provavelmente uma das áreas que menos irá lucrar com as impressoras 3D são as transportadoras. Não obstante a necessidade de transportar matéria-prima, é expectável que o volume e fluxo de bens diminua consideravelmente.

O comércio de retalho, é provável que apresente uma grande quebra. Com a possibilidade de produção “caseira” e a possibilidade de customização do produto, é expectável que muitos dos consumidores assumam uma lógica de produtor/consumidor.

1.4.3. Social

As impressoras 3D prenunciam uma era em que o analógico e o digital se misturam e se tornam indistinguíveis um do outro, transformando o mundo como o conhecemos. Trata-se de uma solução tecnológica, cuja aquisição está a tornar-se cada vez mais acessível e que vai causar impactos sociais profundos.

Chegámos a um momento em que, quer pessoas, quer empresas, terão de rever os seus modelos de negócio e a sua forma de adquirir e consumir produtos. Em termos geográficos, a possibilidade que a impressão 3D traz, de fabricar em qualquer local, perto do consumidor final, permite que zonas mais remotas, acabem por ter acesso praticamente aos mesmos produtos e oportunidades que outras, alterando, possivelmente, padrões de migração urbana (Ferst, 2019).

Para além disso, as impressoras 3D permitirão o acesso dos utilizadores a uma comunidade global, onde o processo de design será tendencialmente mais rápido, permitindo uma redução do tempo de desenvolvimento do produto, mas acima de tudo, a personalização do design do mesmo, e o desejo de criar e partilhar passa a ser, então, uma grande tendência. Tudo será personalizado e feito sob medida. Significa dizer que sapatos, bolsas, móveis e alimentos poderão ser feitos em casa ou próximos dela. O movimento do handmade que vem sendo incorporado na rotina das pessoas será intensificado ainda mais pela popularização de tecnologias como impressoras 3D (Ferst, 2019).

Com a utilização desta nova tecnologia, o fluxo de produção é guiado pela procura do consumidor, que tem a possibilidade de produzir o que precisa, ao contrário do sistema atual, que nos submete a produtos desenvolvidos em massa, numa lógica de produção/consumo excessiva e desordenada, comandada por grandes empresas detentoras de tecnologias produtivas. Deixaremos assim de ser consumidores passivos e passaremos a criar nossos produtos. A impressão 3D desmaterializa, desmonetiza e democratiza a fabricação, e transforma todos nós em criativos e produtores (Arruda, 2019).

Olhando para o crescimento exponencial da impressão 3D e das novas e criativas aplicações têm surgido e surpreendido, pela rápida solução de problemas, destacamos quatro áreas onde os impactos da impressão 3D será mais proeminente: a saúde, o vestuário, a segurança e o mercado de trabalho.

1.4.3.1. Saúde

A impressão de órgãos simples e tecidos complexos é já hoje uma realidade. As máquinas atuais são capazes de construir vasos sanguíneos, rins, orelhas e corações, utilizando células ao invés de tinta. Podemos estar assim a um passo de solucionar o problema do transplante de órgãos, quer pela disponibilidade dos mesmos, quer pela compatibilidade. Desse modo, é expectável um aumento da esperança média de vida e diminuição da taxa de mortalidade.

Outra grande inovação, é a impressão 3D de implantes e próteses, usando materiais como aço cirúrgico, silicone e titânio, que devido a boa biocompatibilidade, apresenta um risco de rejeição quase que nulo. Um dos casos mediáticos refere-se à Robohand, uma iniciativa que cria mãos robóticas para quem nasce com problemas congénitos, que impedem ou mal-formam esse membro, ou para pessoas que tenham sofrido algum tipo de acidente (Aouf, 2018).

A impressão 3D associada à nanotecnologia também deverá ser adotada pela indústria farmacêutica. Pílulas médicas poderão ser fabricadas (impressas, compostas e criadas) especificamente para atender a necessidades médicas, energéticas e nutricionais da sociedade ocidental, de maneira individual. Com a criação de compostos nutricionais para uma alimentação altamente personalizada é possível ir ao encontro das necessidades e padrões individuais, contendo a quantidade de proteínas, carboidratos, vitaminas e suplementos que cada pessoa precisa. Também aqui, é expectável o aumento geral da esperança e qualidade de vida (ATKearney, 2017).

1.4.3.2. Vestuário

A aplicação na indústria têxtil configura-se como outra área com impacto social. Imprimir roupas e acessórios totalmente funcionais e personalizáveis poderá conduzir a sociedade a um nível de heterogeneidade sem paralelo. Os sapatos poderão impressos “à medida”, não apenas com base no tamanho dos pés, mas também com a sua forma, de forma rápida e económica.

Os acessórios serão personalizáveis e imediatamente imprimíveis, eventualmente renováveis. Tudo será perfeitamente projetado para ficar em consonância com o corpo de cada um.

1.4.3.3. Segurança

Contudo, nem tudo é positivo. Da mesma forma que se constroem objetos para o bem, também são desenvolvidas iniciativas controversas que podem gerar perigo e insegurança.

Hoje já é possível imprimir a arma Liberator. Uma arma de fogo, completamente funcional, que utiliza munições reais. Com a disponibilização online dos CAD's da Liberator ou projetos semelhantes, quebra-se por completo o controle do acesso e da produção de armas de fogo, o que levanta graves preocupações de segurança. Além disso, por ser feita de polímeros plásticos e com pouquíssimas partes em metal, este tipo de arma não é detectável pelos sistemas mais tradicionais de deteção, instalados em aeroportos ou infraestruturas críticas, o que amplia a atenção no domínio securitário (ING, 2017).

1.4.3.4. Mercado de trabalho

Sem querer desenvolver muito esta área, uma vez que foi analisada no domínio Económico, não se pode deixar de referir as mudanças significativas que a impressão 3D provocar, alterando os paradigmas da produção.

Com o desenvolvimento tecnológico, tornando a produção mais rápida, mais precisa, a possibilidade de evoluir para 4D e a introdução de novos materiais, levará as empresas a incluir a impressão 3D nos seus processos produtivos, numa primeira fase e substituir de forma integral, posteriormente. Estima-se que daqui a 15 a 20 anos, toda a estrutura do setor terá mudado drasticamente, com uma redução muito significativa de recursos humanos (DHL, 2016).

O comércio lojista também verá grandes alterações. O consumidor, agora criativo e produtor, terá aberta a possibilidade de fazer o download de um projeto de código aberto on-line, fazer as alterações que deseja, e imprimi-las na sua própria casa, por apenas uma fração do custo. Muitos empregos serão perdidos, uma vez que os pontos de venda poderão ver-se forçados a adotar o serviço on-line, onde poderão oferecer projetos digitais aos clientes (Bertaglia, 2019).

No entanto, para cada posto perdido há uma boa possibilidade de que mais de um posto seja criado, com outras competências. O fabrico, venda e manutenção de impressoras continuará a ser exigido, mas novas categorias de trabalho serão criadas, associadas a novos tipos de artistas, que dependem de modelagem 3D e do mercado de software. O CAD está em pleno desenvolvimento, o que se traduz na necessidade de mais programadores. Em suma, aqueles que se poderem adaptar e ajustar às necessidades do mercado, mais rapidamente permanecem empregados e provavelmente prosperarão (DHL, 2018).

1.4.4. Ambiental

A impressão 3D estabelece um novo paradigma em toda a cadeia de valor das indústrias e apresenta-se como uma solução tecnológica frente às questões ambientais. É crescente a pressão pelos governos, sociedade e setor privado, face aos atípicos fenómenos climáticos e escassez de recursos naturais, para que haja o desenvolvimento sustentável¹⁰ a nível global.

Para entender a minimização dos impactos ambientais através da impressão 3D, se comparado aos métodos tradicionais de fabrico, é necessário conhecer toda a cadeia de valor da indústria. Mas de maneira geral, a indústria

¹⁰ Desenvolvimento sustentável, como conceito, é o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. Hoje há selos, prémios e fundos para as empresas que estão adequadas as práticas ambientais. Portanto, nota-se uma corrida para que o setor privado se integre nas boas práticas e legislação ambiental vigente.

pode produzir “a pedido” e em menos tempo. Assim, ao considerar projetos menores e produção em pequena escala, é possível dizer que esta nova tecnologia contribui para o uso mais racional de matéria-prima e energia, ao reduzir o desperdício de produtos e materiais, reduzindo a emissão de carbono gerado pelas máquinas industriais tradicionais.

Na observação do ciclo de vida do produto, a peça fabricada numa impressora 3D de tecnologia FDM utiliza apenas um material de cada vez. É feita camada por camada, utilizando apenas a quantidade de material necessária, reduzindo a procura de matérias-primas e o resíduo gerado é inferior se comparado ao processo tradicional. Em relação aos materiais para o fabrico, a tratar-se do plástico (altamente poluente), já existe a possibilidade na impressão 3D de uso do PLA – ácido poliático, que se trata de um polímero biodegradável produzido a partir de ácido láctico fermentado a partir de culturas, constituindo-se como uma boa alternativa entre os tipos de plásticos existentes (Arruda, 2019).

Ainda no ciclo de vida do produto, além do menor uso de material no fabrico, as impressoras 3D gastam menos energia. As máquinas que utilizam a tecnologia FDM são capazes de produzir peças ocas, em cerca de 90%, contribuindo assim para a redução de energia. A versão oca pode ser feita mais rapidamente e ser menos tóxica. Contudo, a redução de energia e consequentemente redução da pegada de carbono está mais associada à cadeia de valor. Por exemplo, as impressoras que usam a tecnologia a laser SLS ou SLA gastam mais energia em si, mas não se se considerar todo o ciclo de vida do produto tradicional, no qual são utilizadas diversas máquinas, da conceção do produto até o pós-venda (3dprint, 2019).

A redução de energia e “pegada” de carbono também pode ser observada como consequência da redução do setor logístico. Com a redução drástica do uso de matéria-prima e da necessidade de reciclar e reintegrar, espera-se que não seja necessária a terceirização de muitos componentes do produto final, reduzindo o transporte dos mesmos. Além disso, acrescenta-se que muitos produtos poderão ser fabricados próximo do ponto comercial. Estes fatores, associados ao menor deslocamento dos funcionários ao local de trabalho, contribuem para a redução do transporte da indústria como um todo, diminuindo o combustível e a liberação de carbono na atmosfera.

As impressoras 3D são dependentes de software e design. Portanto, a cadeia de valor estará mais ligada entre si, auxiliando o cliente a definir o seu produto de forma mais precisa, inteligente e funcional possível e a fazer as alterações antes da impressão do produto final (com exceção de alguns produtos que precisam ainda de pós-processamento). Isso é essencial para que haja melhor gestão do ciclo de vida, economia de recursos e melhoria da eficiência energética (Baldwin, 2017).

É importante relevar que o uso desta tecnologia, abordada no presente estudo, não é 100% sustentável. Neste contexto, é preciso estar atento à escolha dos melhores materiais, e da libertação de toxinas, aquando do processamento do plástico. Além disso, é importante ressaltar que o uso de energias renováveis na cadeia de valor, pode ser um recurso de grande interesse no que diz respeito a eficiência energética da produção como um todo. Há também que se pensar nas soluções para os resíduos decorrentes da impressão, mesmo sendo mínimos, principalmente sob a forma de economia circular (da forma como este produto pode voltar para a cadeia de produção), bem como nos resíduos e lavagens (efluentes) provenientes do pós-processamento (quando aplicável). Inclui-se a este fato, em caso de falha, quebra ou impossibilidade de uso da máquina, a forma de reutilizar os próprios componentes da impressora (Baldwin, 2017).

Em síntese, a incorporação da impressora 3D é uma solução tecnológica viável para que a indústria de produção tenha elevados padrões de gestão ambiental. Adicionalmente, esta tecnologia beneficia toda a cadeia de valor, com diminuição dos custos associados aquisição de recursos naturais necessários à produção; bem como pela energia necessária. Conclui-se, portanto, que é uma forma de gerar valor para a indústria adotar estratégias de implementação de impressão 3D nos seus processos de produção, no quadro das políticas de gestão ambiental, quer como forma de diferenciação, quer por questões socio-ambientais e de interesse no mercado onde operam.

3. REFLEXOS NO DOMÍNIO MILITAR

A história da inovação tecnológica está ligada, para melhor ou pior, à história da Guerra, com o propósito único de obter vantagem estratégica no domínio militar.

A Estratégia Militar¹¹ enfrenta hoje inúmeros desafios, que se prendem com os elevados níveis de tensão e conflitualidade persistente, novos atores, ameaças e riscos, associados a pressões financeiras, que lhe exigem ser cada vez mais eficiente. Neste contexto, a tecnologia e a inovação têm um papel cada vez mais relevante, pelo que importa perceber os impactos da impressão 3D no desenvolvimento de uma Estratégia Militar.

Assim, far-se-á uma análise do impacto desta tecnologia na Estratégia Militar, do ponto de vista do seu desenvolvimento e atuação - vetores genético, estrutural e operacional¹².

3.1 ESTRATÉGIA GENÉTICA

À semelhança dos métodos tradicionais de produção, a MA está também presente nas Forças Armadas¹³ de vários países, fazendo-se sentir principalmente em três áreas de produção: desenvolvimento de novos projetos; melhoria de sistemas ou partes de sistemas de armas já existentes; e sobressalentes, tendo em vista o aumento da sua longevidade, leveza e resistência.

Quanto ao desenvolvimento de novos projetos, constitui-se como exemplo a impressão do primeiro casco submarino em 3D¹⁴, de drones para operações de reconhecimento¹⁵, ou mesmo de refeições¹⁶ (Figura 1). Destes, destacaríamos o Projeto RAMBO (Rapid Additively Manufactured Ballistics Ordnance) que se trata de um lança-granadas totalmente impresso (Saunders, 2017).



Figura 1 - 3D Printed Grenade Launcher: RAMBO
Fonte: Loadoutroom (2019).

As aplicações da impressão 3D não se fazem só sentir apenas em equipamentos de combate. É hoje possível produzir cascos de embarcações em apenas 2 semanas, ao invés dos 3 a 5 meses seguindo o método tradicional, para além de representar apenas 10% do seu custo. Estes fatores são de suma importância para colmatar as vulnerabilidades que a Vigilância Marítima apresenta e cuja importância tem aumentado, pelo recrudescimento da relevância do mar na economia dos Estados.

¹¹ Ciência e arte de desenvolver e utilizar o instrumento militar com vista à consecução de objetivos [militares] fixados pela Política (Couto, 1988).

¹² Ações genéticas, estruturais e operacionais, destinadas a gerar e criar novos meios (edificar), a compor, organizar e articular os meios (dispor) e a utilizar os meios (empregar) (Ribeiro, 2009, p.31).

¹³ O Exército dos EUA imprimiu e disparou um lançador de granadas em maio de 2017. Já em 2014, a Marinha dos EUA instalou esta tecnologia nos navios para criar peças de reposição para os navios e para as armas transportadas a bordo.

¹⁴ Marinha norte-americana.

¹⁵ Exército Israelita.

¹⁶ Exército norte-americano.

Quanto à melhoria de sistemas e sobressalentes, a Força Aérea norte-americana tem feito vários testes na aeronave F-35B Lighting II, que já voa com peças sobressalentes fabricadas em impressoras 3D, minimizando a dependência do utilizador em relação ao fabricante.

Assim, parece ser certo que material e equipamento impresso em 3D, possa ser uma realidade cada vez mais frequente nos Teatros de Operações¹⁷, por ser produzido de forma mais rápida em baixas escalas, mais barata, no local e com recurso a menos energia. Neste contexto, será expectável uma mudança de postura da Indústria de Defesa, sendo bem possível a alteração dos contratos de fornecimento de artigos completos e peças sobressalentes, para contratos de propriedade intelectual, fornecendo o padrão de impressão 3D.

Olhando para o crescimento exponencial da impressão 3D e das novas e criativas aplicações da mesma, destacamos três áreas onde os impactos da impressão 3D poderá ser mais proeminente, designadamente: na saúde, no equipamento e no armamento.

3.1.1. Saúde

A impressão de órgãos simples e tecidos complexos é já hoje uma realidade. Conforme referido, as atuais impressoras são já capazes de construir vasos sanguíneo, alguns órgãos e partes corporais, pelo que podemos estar a um passo de solucionar o problema do transplante de órgãos, quer pela disponibilidade dos mesmos, quer pela compatibilidade (Baldwin, 2017). Desse modo, é expectável uma diminuição da taxa de mortalidade nos Teatros de Operações se se recorrer a este tipo de tecnologia nos hospitais de campanha. Outra grande inovação, é a impressão 3D de implantes e próteses, usando materiais como aço cirúrgico, silicone e titânio, que devido à boa biocompatibilidade, apresenta um risco de rejeição quase que nulo. Um dos casos mais mediáticos refere-se à Robohand, uma iniciativa que cria mãos robóticas para quem nasce com problemas congénitos, que impedem ou mal-formam esse membro, ou para pessoas que tenham sofrido algum tipo de acidente ou vítima de incidente (Figura 2).



Figura 2 – Prótese 3D em militar

Fonte: Christine Miller (2019)

A impressão 3D associada à nanotecnologia também deverá ser adotada pela indústria farmacêutica. Pílulas médicas poderão ser fabricadas (impressas, compostas e criadas) especificamente para atender a necessidades médicas, energéticas e nutricionais do soldado, de maneira individual. Com a criação de compostos nutricionais para uma alimentação altamente personalizada é possível ir ao encontro das necessidades e padrões individuais, contendo a quantidade de proteínas, carboidratos, vitaminas e suplementos que cada pessoa precisa. Também aqui, é expectável o aumento da capacidade operacional do soldado.

¹⁷ Como já o é no Afeganistão.

3.1.2. Equipamento

A aplicação na indústria têxtil, como vimos, configura-se como área com impacto social. Mas se socialmente, imprimir roupas e acessórios personalizáveis poderá ser interessante, num contexto de condução de operações militares, é extremamente relevante, pela possibilidade de minimizar o impacto que o equipamento tem no militar.

Neste domínio destacamos o calçado “à medida”, numa lógica de redução de peso e aumento de conforto e resistência (Figura 3).



Figura 3 – Bota militar impressa

Fonte: Szondy (2016)

Porém, também os acessórios serão personalizáveis e imediatamente imprimíveis, eventualmente renováveis, mas acima de tudo, perfeitamente ajustados ao corpo de cada militar e ao ambiente operacional onde opera. Referimos-nos à impressão 4D, que trás consigo a capacidade do material, fardamento, capacete, colete, ..., de se adequar ao ambiente onde se encontra. Por outras palavras, poderá ajustar o padrão de camuflagem ao ambiente no qual esteja a operar.



Figura 4 – Fardamento 4D

Fonte: Szondy (2016)

3.1.3. Armamento

Para além da Liberator, é hoje possível imprimir, em metal, a pistola semiautomática 1911 e partes da pistola-metralhadora AR-15. Este facto permite o acesso a armamento a baixos custos, sem necessidade de constituição de stocks e a reparação do mesmo. Para além dos fatores enunciados, a evolução e a tendência conduzem-nos à possibilidade de se imprimir, em alguns anos, sistemas de armas mais complexos.



Figura 5 – Pistola-metralhadora AR-15
Fonte: Szondy (2016).

3.2 ESTRATÉGIA OPERACIONAL

Em termos operacionais, considera-se que o maior impacto da MA será ao nível da cadeia de reabastecimento, na manutenção e no apoio sanitário.

Uma das vantagens da inclusão da MA no sistema de reabastecimento traduz-se no impacto financeiro positivo, permitindo reduzir stocks e armazenagem de bens e de sobressalentes, evitando assim a obsolescência dos mesmos e as obrigatórias auditorias.

Outra vantagem reside na simplificação do sistema logístico, limitando-o ao transporte de tecnologia e de matérias-primas, muitas vezes para locais remotos, ao invés de bens e sobressalentes, reduzindo riscos e custos da cadeia de reabastecimento de 70% a 85% (D.Begley, 2017).

A rapidez no aprontamento de uma força constitui-se, também ela, com vantagem a podemos assinalar. É já possível a construção de uma “caserna” de 46 m² em apenas 40 horas¹⁸ que permitirá acolher e proteger pessoal e material num dado teatro de operações (Aouf, 2018).



Figura 5 – Construção de camarata
Fonte: Aouf (2018).

A inclusão da impressão 3D, traduzida nas vantagens enunciadas, produzirá reflexos no emprego de forças, configurando uma nova realidade na manobra logística, mais flexível, ao nível operacional e tático, que previsivelmente minimizará os fluxos físicos de transporte e atuará de forma descentralizada.

¹⁸ Normalmente este processo levaria cinco dias com recurso a 10 militares.

3.3 ESTRATÉGIA ESTRUTURAL

A Estratégia Estrutural refletirá as transformações de âmbito genético e operacional. Como tal, vê-se como previsível, um conjunto de alterações no âmbito da indústria de defesa, incorporando a impressão 3D nos seus processos de produção, transformando os fluxos físicos de fornecimento de equipamento e sistemas, em fluxos digitais e contratos de propriedade intelectual, produzindo efeitos de ajustamento na estrutura.

Ao nível da orgânica das unidades militares, é expectável algumas alterações à mesma, designadamente ao nível logístico, tornando-o mais flexível e mais descentralizado, aos mais baixos escalões. Isto é, unidades de escalão companhia, que hoje dependem logisticamente do escalão superior, poderão passar a ter na sua orgânica, secções de manutenção, equipadas com impressoras 3D e CAD's do material que a equipa.



Figura 6 – Laboratório móvel de impressão 3D norteamericano projetado no Afeganistão
Fonte: 3ders (2019).

Estas equipas podem passar pelo destacamento de laboratórios móveis, como o apresentado na figura 6. Este conceito é designado por REF (Rapid Equipping Force) e atualmente desempenham funções em alguns Regional Commands no Afeganistão. Cada laboratório representa um investimento de cerca de 2,8 milhões de USD e incluem uma impressora 3D e uma máquina CNC para a produção de peças e componentes de aço e alumínio. A guarnição destes laboratórios é composta apenas por dois engenheiros, estando, no entanto, ligado a 6000 outros, através de um portal colaborativo, numa lógica de apoio à resolução de problemas.

Em síntese, podemos dizer que a impressão 3D se poderá fazer sentir na obtenção de vantagem tecnológica e na melhoria da prontidão operacional. No âmbito da vantagem tecnológica, a MA apresenta inúmeras vantagens de produção, como a rapidez, a energia necessária e o custo associado¹⁹, essenciais a qualquer organização. Quanto à prontidão operacional, esta será ampliada com a possibilidade de produzir equipamento ou sobressalentes a pedido, no local, onde e quando são necessários, personalizadas e dirigidas ao indivíduo ou à situação.

No entanto, ainda se apresentam alguns desafios, internamente, a adaptação da estrutura organizacional, da formação de pessoal e da doutrina de emprego. Externamente, estes serão impostos pela limitação tecnológica, como a ainda incapacidade de criar sistemas de combate de forma integral.

Outro aspeto a considerar tem que ver com a democratização do acesso ao armamento. Estados e atores não estatais poderão fazê-lo sem ter de o importar fisicamente, bem como a transição do tráfico de armas físico para o digital, o que tornará o tracking aos fluxos de armamento mais difícil.

CONCLUSÕES

Olhando para um futuro próximo, a impressão 3D vai ser, sem dúvida, um game changer em vários dos fatores macroambientais analisados neste trabalho, constituindo-se o fator Económico como o mais afetado. Por um lado, o impacto que a inclusão desta tecnologia em unidades de produção produz, traduzir-se-á na menor relevância

¹⁹ Menor desperdício, matéria-prima de menor valor.

da produção em massa e conseqüentemente, nos desequilíbrios das balanças comerciais. Da mesma forma que a adesão da China à OMC provocou uma alteração de paradigma nos fluxos comerciais mundiais, também a adoção da impressão 3D na produção industrial e pessoal, o poderá fazer.

Ainda no contexto econômico, a compactação das cadeias de valor e as mudanças no mercado de trabalho e de comércio, são outros elementos que caracterizam os impactos da impressão 3D neste domínio.

Do ponto de vista social, a possibilidade de customização que esta tecnologia trará ao cliente, será um dos elementos mais vinculados, provocando, eventualmente, uma heterogeneidade na sociedade sem precedentes. Porém, as possibilidades que a inclusão desta tecnologia traz à medicina são inúmeras e extremamente relevantes, designadamente pela capacidade que tem em aumentar a esperança média de vida, mas não numa lógica de prevenção, mas sim de “substituição”.

Do ponto de vista ambiental, cada vez mais importante, a impressão 3D poder-se-á configurar como parte da solução e não do problema, pela redução das necessidades de transporte, de recursos e conseqüente redução de emissões de dióxido de carbono.

Do ponto de vista militar, é claro o impacto genético, operacional e estrutural que poderá ter. Ao nível genético e à semelhança da indústria tradicional, a possibilidade de utilizar materiais mais resistentes, leves e de menor custo, traz consigo vantagens competitivas às indústrias e empresas que incluam o processo de produção aditiva. Ao nível operacional, podemos verificar que a doutrina associada ao apoio logístico será, porventura, aquela que mais alterações sofrerá, em resultado da possibilidade de descentralizar que esta tecnologia nos oferece. Por fim, ao nível estrutural, a compactação da cadeia logística e o apoio o mais à frente possível, produzirá reflexos na estrutura da organização.

Os primeiros passos na direção da impressão a alta velocidade já estão a ser dados, mas ainda é incerto quando e em que medida a mesma será possível em todas as indústrias. Dito isto, não seria a primeira vez que os avanços tecnológicos nos surpreenderiam, e no horizonte temporal de 20 anos, tenhamos uma realidade completamente diferente daquela que vivemos hoje.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Loadoutroom. (14 de março de 2019). Obtido de <https://loadoutroom.com/thearmsguide/14013-2/>
- weforum. (10 de março de 2019). Obtido de weforum: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf
- 3ders. (4 de abril de 2019). 3ders. Obtido de 3ders: <https://www.3ders.org/articles/20120821-us-army-deploying-mobile-labs-packed-with-3d-printers-to-afghanistan.html>
- 3dprint. (12 de março de 2019). 3dprint. Obtido de 3dprint: <https://3dprint.com/3980/3d-printing-jobs-economy/>
- Aouf, R. S. (5 de setembro de 2018). Dezeen. Obtido de www.dezeen.com/: <https://www.dezeen.com/2018/09/05/us-military-3d-prints-concrete-barracks-on-site-technology/>
- APICCAPS. (2018). *Facts and Numbers*. Porto: Manifesto.
- Arruda, F. (3 de março de 2019). Tecmundo. Obtido de Tecmundo: <https://www.tecmundo.com.br/impressora-3d/37931-como-seria-um-mundo-com-impressoras-3d-aceessiveis-a-todos-.htm>
- ASTM. (2015). ISO / ASTM52900 - 15 Standard Terminology for Additive Manufacturing – General Principles – Terminology. West Conshohocken: ASTM.
- ATKearney. (2017). 3D Printing: Disrupting the 12 Trillion Manufacturing Sector. Korea: A.T. Kearney.
- Baldwin, S. (6 de junho de 2017). Printer chat.com. Obtido de Printer: <https://3dprinterchat.com/how-the-military-can-use-3d-printing/>
- Bertaglia, P. R. (5 de março de 2019). logweb. Obtido de logweb: <http://www.logweb.com.br/colunas/impressao-3d-vai-realmente-trazer-impactos/>
- Christine Miller, A. F. (10 de abril de 2019). ler. Obtido de lermagazine: https://lermagazine.com/cover_story/battlefield-injuries-saving-lives-and-limbs-throughout-history

- Couto, A. C. (1988). *Elementos de Estratégia*. Lisboa: Instituto de Altos Estudos Militares.
- D.Begley, L. (2017). *Increasing Capabilities and Improving Army Readiness through Additive Manufacturing Technologies*. Army War Collge.
- DGAE. (2017). *Indústrias do Couro e do Calçado - Sinopse 2017*. Lisboa: DGAE.
- DHL. (2016). *3D Printing and the Future of Supply Chains*. Alemanha: DHL Customer Solutions & Innovation.
- DHL. (2018). *Logistics Trend Radar*. Deutschland.
- Evans, J. (7 de fevereiro de 2014). DMLS & the History of 3D Printed Metal. Obtido de <https://designandmotion.net/design-2/manufacturing-design/dmls-a-little-history/>
- Ferst, M. B. (15 de março de 2019). baguete.com. Obtido de baguete: <https://www.baguete.com.br/artigos/27/05/2016/impressoras-3d-e-inovacao-social>
- Furtado, F. (14 de Junho de 2018). Tendências Digitais. Obtido de Medium: <https://medium.com/tend%C3%A2ncias-digitais/impressora-3d-df6ed5db5380>
- Godet, M. (1982). From Forecasting to "La Prospective". A New way of looking at futures. *Journal of Forecasting*, 293-301.
- Godet, M., & Roubelat, F. (1996). *Creating the future: The use and misuse of scenarios*. Longe Range Planning, 164-171.
- Informática, E. (2013). Exame Informática. Obtido de Exame Informática: <https://exameinformatica.sapo.pt/videos/reporterei/2013-04-24-impressao-3d-o-que-e-e-como-funciona>
- ING. (2017). 3D printing: a threat to global trade. Amesterdão.
- observador, O. (12 de março de 2019). observador. Obtido de observador: <https://observador.pt/especiais/impressao-3d-uma-revolucao-tao-grande-como-foi-a-internet/>
- Ogilvy, J., & Schwartz, P. (2004). *Plotting Your Scenarios*. Global Business Network.
- Pearce, J. M.-Z. (2010). 3-D Printing of Open Source Appropriate Technologies for Self-Directed Sustainable Development. *Journal of Sustainable Development*, 17-29.
- pt.3d. (s.d.). Obtido de <http://pt.3dilla.com/impressora-3d/funcionamento/>
- Santos, S. L. (2016). *Impressão 3D. Perspetivas de adoção na Indústria portuguesa*. Lisboa: Universidade Nova.
- Saunders, S. (10 de março de 2017). 3dprint. Obtido de 3dprint: <https://3dprint.com/167567/3d-printed-grenade-launcher/>
- Shi, N. (11 de março de 2019). academia.edu. Obtido de academia.edu: https://www.academia.edu/36925044/The_Political_Characteristics_of_the_3D_Printing_Technology
- Slaughter, R. (1997). *Developing and applying strategic foresight*.
- Szondy, D. (2 de maio de 2016). New Atlas. Obtido de <https://newatlas.com/3d-printing-military-feature/42384/>
- Tecnoshowcomigo. (10 de março de 2019). tecnoshowcomigo. Obtido de tecnoshowcomigo: <https://www.tecnoshowcomigo.com.br/noticia/especialista-apresenta-tecnologia-3d-que-imprime-carne-na-tecnoshow-comigo>
- Tibbs, H. (2000). *Making the Future Visible: Psychology, Scenarios, and Strategy*. Global Business Network.
- UNPD. (2018). *Human Development Indices and Indicators*. New York: United Nations Development Programme.
- Visagio. (14 de março de 2019). visagio. Obtido de visagio: <https://visagio.com/pt/insights/impulsionando-o-crescimento-o-impacto-da-impressao-3d-nas-cadeias-de-suprimentos>
- Weforum. (11 de março de 2019). weforum. Obtido de weforum: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf
- Wohlens, & Gornet. (2011). *History of additive manufacturing Introduction of non-SL systems Introduction of low-cost 3D printers*. Wohlens Report 2011.

POSFÁCIO DOS AUTORES

Geanne Costa é licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, no Brasil e pós-graduada em Meio Ambiente pela COPPE/UFRJ, no Rio de Janeiro-Brasil. Atualmente encontra-se a frequentar uma Pós-graduação em Prospetiva, Estratégia e Inovação no ISEG. É recém-formada e trabalhou dois anos no setor do ambiente. Trabalhou na participação na análise de condicionantes do licenciamento ambiental do estado do Rio de Janeiro, das atividades empresariais, para a modernização do órgão ambiental (INEA/RJ); bem como em projetos que integravam inventários de emissões de gases do efeito estufa, plano de gestão de resíduos sólidos e plano de otimização de recursos naturais para empresas contratantes.

Maria Clara de Abreu Rocha e Silva é licenciada em Gestão pela Pontifícia Universidade de Minas Gerais no Brasil e pós-graduada em Gestão de Projetos pela Fundação Dom Cabral no Brasil e em Gestão Aplicada pela Nova School of Business and Economics (Nova SBE) em Portugal. Trabalhou por 12 anos no sector de mineração, exercendo atividades de Gestão de Desempenho e Performance; Governança Corporativa; Gestão Económica e Administrativa; e Análise Estratégica, de projetos de I&D e projetos de capital. Atuou em diversos países como o Brasil, Austrália, Cazaquistão, China, Índia, Indonésia, Filipinas e Mongólia. Atualmente encontra-se em Portugal a frequentar uma pós-graduação em Prospetiva, Estratégia e Inovação, no Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG) de Lisboa.

Neandro Melo Velloso é licenciado em Gestão pela Universidade Cândido Mendes no Brasil e atualmente está a cursar em Lisboa uma Pós-graduação no Instituto Superior de Economia e Gestão em Prospetiva, Estratégia e Inovação. Trabalhou por oito anos no sector da Banca e dois anos no sector de Oil and Gas. Hoje atua no sector ótico em Portugal.

Pedro Alexandre Bretes Amador é Tenente-coronel de Artilharia do Exército Português. É licenciado e mestre em Ciências Militares pela Academia Militar e mestre em Segurança e Defesa pelo Instituto Universitário Militar. Para além dos cursos curriculares de carreira, está habilitado com o Curso de Estado-Maior Exército, Curso de Estado-Maior Conjunto e Curso de Análise Estratégica, Geoeconomia e Prospetiva pelo Instituto de Defesa Nacional. Desempenhou funções de comando e direção servindo na Escola Prática de Artilharia em Vendas-Novas e no Regimento de Artilharia Antiaérea N.º 1 em Queluz, como Comandante de Bateria e como subdiretor da Direção de Formação. Desempenha atualmente as funções de Docente na Área de Estudo das Crises e dos Conflitos Armados e é coordenador do Núcleo Nacional do Centro de Análise Estratégica da CPLP. É autor e coautor de publicações escolares, monografias e artigos em revistas nas áreas da artilharia, liderança e da estratégia. É Investigador Integrado do CIDIUM.

Tiago Miguel Felício Dâmaso é gestor pelo Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG). Atualmente encontra-se a frequentar uma pós-graduação em Prospetiva, Estratégia e Inovação. A nível profissional atualmente encontra-se na sua primeira experiência profissional na Volkswagen Autoeuropa, no departamento financeiro, trabalhando diretamente com o CFO.



Endereço eletrónico: cidium@ium.pt

Telefone : (+351) 213 002 100 | Fax: (+351) 213 002 162

Morada: Rua de Pedrouços, 1449-027 Lisboa



Capa

Composição gráfica

Tenente-coronel TINF Rui José da Silva Grilo

Sobre aguarela de

Tenente-general Vítor Manuel Amaral Vieira