

FACULDADE GALILEU

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Bruna Da Silva Lima

O PAPEL DA MANUFATURA ADITIVA NO COMBATE AO COVID 19

Botucatu – SP

2020

FACULDADE GALILEU

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Bruna Da Silva Lima

O PAPEL DA MANUFATURA ADITIVA EM COMBATE AO COVID 19

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade Galileu, como
parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Bacharel no Curso
de Engenharia de Produção.

Orientador (a): Prof. Esp. Valmir
Meneguín.

Botucatu – SP

2020

BANCA EXAMINADORA

Data da Aprovação: _____

Avaliador 1

Nome: _____

Assinatura: _____

Avaliador 2

Nome: _____

Assinatura: _____

Avaliador 3

Nome: _____

Assinatura: _____

RESUMO

Com a busca de diversos setores em conter as principais necessidades em termos de proteção e tratamento do COVID-19 foi realizada uma pesquisa sobre o papel da manufatura aditiva em combate ao vírus, a fim de analisar a viabilidade de fabricação dos equipamentos de proteção utilizados contra o COVID-19, como também a solução de estoque zero de válvulas de respiradores amenizando os impactos causados na rotina hospitalar. Foram realizadas então, uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa experimental com foco na fabricação das replicas desses equipamentos e na identificação dos obstáculos e benefícios que a manufatura aditiva proporcionou através do desenvolvimento de produtos e doações dos mesmos ao longo da pandemia constatando uma tecnologia inovadora, disruptiva e de grande destaque na trajetória de 2020.

Palavras-chave: Pandemia. Coronavírus. Impactos. Impressão 3D.

ABSTRACT

With the search of several sectors to contain the main needs in terms of protection and treatment of COVID-19, a research was carried out on the role of additive manufacturing in fighting the virus, in order to analyze the feasibility of manufacturing the protective equipment used against COVID-19, as well as the zero stock solution of respirator valves, mitigating the impacts caused in the hospital routine. Then, a bibliographic research and an experimental research were carried out focusing on the manufacture of the replicas of this equipment and on the identification of the obstacles and benefits that the additive manufacturing provided through the development of products and donations of them throughout the pandemic verifying an innovative, disruptive technology and of great prominence in the 2020 trajectory.

Keywords: Pandemic. Coronavirus. Impacts. 3D printing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Justificativa	7
1.2 Objetivo	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 COVID-19	7
2.1.1 Equipamento de proteção individual	9
2.2 Manufatura aditiva	10
2.2.1 Tipos de manufatura aditiva	13
2.2.2 A manufatura aditiva e o setor da saúde	15
2.2.3 Válvula para respiradores	16
2.2.4 Válvula Charlotte	18
2.2.5 Face Shields	19
3 METODOLOGIA CIENTÍFICA	20
3.1 Pesquisa experimental	20
3.2 A impressora	20
3.2.1 O material	22
3.3 A fabricação das replicas	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5 CONCLUSÃO	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

O ano de 2020 foi marcado pela disseminação de uma doença respiratória viral derivada de um conjunto de vírus conhecidos por coronavírus, que possui elevado grau de transmissão e letalidade em idosos e portadores de doenças crônicas e respiratórias como asma e bronquite (ROTHAN; BYRAREDDY, 2020).

Nomeada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como COVID-19 a patologia atravessou todas as fronteiras e oceanos gerando impactos econômicos, o isolamento social, e principalmente um alto índice de mortalidade, tornando-se uma emergência de saúde global (OMS, 2020).

De acordo com Oliveira et al. (2020) a velocidade de propagação do vírus colocou em evidência as fragilidades do sistema de saúde global, tais como: despreparo de hospitais, ausência de leitos de emergência e Unidade de Terapia Intensiva (UTI), equipamentos de proteção individuais (EPI'S) para funcionários e enfermos que precisam desses recursos como ferramentas de trabalho, tratamento e sobrevivência.

Para Cruz et al. (2020) o COVID-19 impõe as necessidades de contenção e isolamento social a fim de barrar o aumento do número de pessoas infectadas. É notável o interesse de governos, empresas de diversos setores, instituições de ensino e civis em contribuir através de assistência, proteção dos profissionais da saúde e da população e do abastecimento de recursos necessários à redução da propagação da doença.

A manufatura aditiva (MA) é uma facilitadora no desenvolvimento de produtos bem como na inovação de produzi-los. Essas novas técnicas de fabricação diminuem o tempo de espera por um produto ou equipamento de forma significativa comparada com modelos atuais (SARTORI, 2019).

Segundo Volpato (2017) a MA também conhecida por impressão 3D, possibilita a fabricação de peças do zero, camada por camada através da união do

design digital de peças com a fabricação das mesmas em impressoras 3D. A tecnologia foi uma alternativa encontrada para tratar a escassez de suprimentos médicos essenciais no período pandêmico e permite a fabricação de emergência devido à rapidez, ao custo e a possibilidade de ser feita fora de grandes centros fabris (FELDMAN, 2020).

1.1 Justificativa

O trabalho justifica-se pela busca das áreas de saúde, tecnológicas, pesquisas entre outras, em conter as principais necessidades em termos de proteção e tratamento do COVID-19 através de uma solução prévia, visto que a escassez de suprimentos médicos por falta de estoque ou questão de demora no abastecimento tem como principal prejudicado o setor hospitalar.

1.2 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo **analisar a viabilidade de fabricação por manufatura aditiva dos equipamentos de proteção individuais utilizados contra a COVID-19**, bem como a solução de estoque zero das válvulas de respiradores amenizando os impactos causados na rotina hospitalar.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 COVID-19

Para o Ministério da Saúde (Brasil, 2020), os coronavírus pertencem a uma extensa família de vírus comuns em diversas espécies de animais como camelos,

gado, gatos e morcegos. O novo coronavírus é um conjunto de vírus responsáveis pela Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (SARS-CoV-2), batizada de COVID-19 que surgiu em Wuhan, capital da província de Hubei, China.

Segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 2020) a transmissão ocorre de humano para humano por meio de toque de mãos contaminadas e objetos contaminados, gotículas de saliva e espirro. Os principais sintomas são febre, fadiga, coriza, tosse seca, congestão nasal, dores na garganta e dificuldades de respirar.

Cerca de 80% dos casos podem ser assintomáticos ou de poucos sintomas, e em torno de 20% dos pacientes detectados precisam de atendimento hospitalar devido à dificuldade respiratória, sendo que aproximadamente 5% podem necessitar de suporte ventilatório (OMS, 2020).

De acordo com a OMS (2020) até a data de 14 de setembro de 2020 foram confirmados 28.918.900 casos de COVID-19 no mundo. Os Estados Unidos foi o país com o maior número de casos acumulados (6.426.958), seguido pela Índia (4.846.427), Brasil (4.315.687), Rússia (1.068.320) e Peru (722.832). Em relação aos óbitos, foram confirmados 922.252 no mundo. Os Estados Unidos com maior número acumulado de óbitos (192.612), seguido do Brasil (131.210) e da Índia (79.722) conforme Tabela 1.

Tabela 1: Número de casos acumulados, reportados, mortes e taxa de transmissão da COVID-19 de acordo com os países mais afetados.

Número de Casos Acumulados	Novos Casos reportados nas últimas 24 horas.	Número de Mortes acumulado	Número de Mortes nas últimas 24 horas	Taxa de Transmissão
Global	28.918.900	267.257	922.252	4.771
 United States ...	6.426.958 	40.126	192.612	803
 India	4.846.427 	92.071	79.722	1.136
 Brazil	4.315.687 	33.523	131.210	814
 Russian Fede...	1.068.320 	5.509	18.635	57
 Peru	722.832 	6.162	30.593	123

Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (2020).

2.1.1 Equipamento de proteção individual

Outro fator importante identificado são as modificações nos fluxos de trabalho, nos protocolos de atendimento em saúde e nos gastos com material de consumo, especialmente, com equipamentos de proteção individuais, que vem registrando falhas na proteção dos profissionais da saúde devido ao manejo incorreto e à escassez dos mesmos, consequência do desabastecimento global (SOARES et al., 2020). Com foco em limitar a escassez de equipamentos, o Brasil zerou a alíquota de imposto de importação de mais de 50 itens de saúde ligados à pandemia (NEGRI et al., 2020).

No que se refere à PORTARIA N.º 25 do Diário Oficial da União (BRASIL, 2001), a Norma Regulamentadora nº6 (NR-6) estabelece que EPI é todo objeto fabricado e concedido para fins de proteção à saúde e segurança física do empregado.

Para Tosmann (2019), o uso de EPI'S é necessário quando as medidas de proteção coletiva não são suficientes para a redução de riscos e para a total

segurança contra os mesmos em acidentes do trabalho e/ou de doenças profissionais e do trabalho.

De acordo com Veiga e Oliveira (2020), os EPI'S devem ser proporcionados aos funcionários de forma gratuita e precisam ser adequados aos perigos que os empregados estão expostos em seu ofício ou na execução de suas atividades. É de extrema importância que o trabalhador tenha embasamento quanto à correta utilização do equipamento.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabeleceu uma resolução brasileira por conta da gravidade e crise sanitária global resultante do novo coronavírus mencionadas nos artigos 1 e 2 a seguir:

Art. 1º Esta Resolução dispõe, de forma extraordinária e temporária, sobre os requisitos para a fabricação, importação e aquisição de dispositivos médicos identificados como prioritários, em virtude da emergência de saúde pública internacional relacionada ao SARS- CoV-2.

Art. 2º A fabricação e importação de máscaras cirúrgicas, respiradores particulados N95, PFF2 ou equivalentes, óculos de proteção, protetores faciais (*Face Shields*), vestimentas hospitalares descartáveis (aventais/capotes impermeáveis e não impermeáveis), gorros e propés, válvulas, circuitos e conexões respiratórias para uso em serviços de saúde ficam excepcionais e temporariamente dispensadas de Autorização de Funcionamento de Empresa, da notificação à ANVISA, bem como de outras autorizações sanitárias (ANVISA, 2020).

Segundo a NR-6 o hospital além de fornecer aos trabalhadores EPI adequado ao risco, deve exigir sua utilização, direcionando e treinando o trabalhador sobre o uso correto e conservação (ROCHA, 2020).

2.2 Manufatura aditiva

Segundo Volpato (2017), a MA surgiu no final da década de 80 como um novo conceito de fabricação baseado na adição sucessiva de material na forma de camadas através da representação geométrica computacional 3D (Figura 1), gerada pelo *computer-aided designs* (CAD). O sistema computacional impulsionou

o projeto e a modelagem de peças mecânicas de maneira eficiente e rápida. A oportunidade de manipular um objeto desenhado em um *software* do tipo CAD, em 3D, possibilita a visualização de como o objeto pode ficar quando confeccionado, além de integrar rápidas maneiras de alterar os desenhos de um projeto. O desenho de um objeto em protótipo físico tridimensional permite o estudo total do desenho do projeto, a execução de aperfeiçoamentos cruciais e o reconhecimento de interferências funcionais, incluindo a possibilidade de movimentação de peças a fim de observar sua montagem ou mesmo a funcionalidade do mecanismo projetado (GOMES; WILTGEN, 2020).

Figura 1: Modelo geométrico 3D gerado através de modelagem tridimensional (Fase 1); aquisição do modelo geométrico 3D em um padrão específico para MA (Fase 2); preparação do processo para a fabricação por camada (fatiamento e escolha de estruturas de suporte bem como estratégias de deposição de material) (Fase 3); pós processamento, (envolve limpeza, etapas complementares de processamento e acabamento com processos tradicionais de usinagem por remoção) (Fase 4).



Fonte: Volpato (2017).

O termo manufatura aditiva (MA) foi adotado através de um comitê técnico da *American Society for Testing and Materials* (ASTM), o qual identificou a evolução da tecnologia que ultrapassa o contexto de desenvolvimento de produtos (prototipagem rápida) e a criação de objetos físicos a partir de um arquivo digital

(CAD 3D) tornando viável a fabricação de componentes funcionais a partir de um arquivo digital (GIBSON et al., 2010 apud ALBERTI et al., 2014).

Para Gibson et al. (2009 apud Santos e Belém 2018) a MA passa pelas seguintes etapas:

- **CAD:** toda peça a ser fabricada por MA deve ter sua geometria determinada por um modelo numérico (*software*). Desta forma, poderá empregar praticamente todo *software* profissional de CAD ou *softwares* e equipamentos de engenharia reversa como, por exemplo, os *scanners*.

- **Conversão para *Surface Tessellation Language* (STL):** o formato adotado em praticamente todos os equipamentos de MA é o STL, este é o padrão industrial atualmente.

- **Transferência para a máquina de manufatura aditiva e manipulação do arquivo:** o arquivo da peça deve ser transferido para o equipamento em que será fabricada. Podem ocorrer mudanças para corrigir o posicionamento, tamanho ou orientação da peça no arquivo.

- **Configurar a máquina:** pode haver a necessidade de estabelecer alguns parâmetros na máquina, como espessura das camadas, dentre outros.

- **Produção:** a fabricação por MA é automatizada, com baixa necessidade de supervisão humana direta, esta ocorre substancialmente para garantir o suprimento de materiais, a descarga da máquina e para prevenir/agir em eventuais problemas.

- **Remoção:** a peça deve ser retirada da máquina.

- **Pós-processamento:** necessidade de atividades adicionais, como a retirada de suportes e limpeza. Tratamentos como pintura e tratamentos de superfícies para garantir qualidade estética à peça, ou as características físicas pretendidas, como resistência e dureza.

- **Aplicação:** peça pronta para utilização.

Segundo Sartori (2019) a tecnologia foi classificada como disruptiva pelo Fórum Econômico Mundial de 2016 devido ao alto impacto tecnológico e de transformação organizacional. Especialistas e engenheiros veem nela uma ferramenta de solução de problemas de produção que até então eram incapazes de serem solucionados, o que desperta o interesse governamental, empresarial e de instituições de pesquisas.

2.2.1 Tipos de manufatura aditiva

“Atualmente a fabricação aditiva utiliza os mais variados tipos de materiais como: termoplásticos, materiais metálicos, resinas líquidas e até mesmo vidro. É uma tecnologia versátil quanto à utilização de matéria-prima” (SILVA et al., 2018, p.6).

De acordo com a Terminologia padrão para tecnologias de fabricação de aditivos (ASTM F2792), existem sete tipos principais de tecnologias de fabricação aditiva: extrusão de filamentos, fusão em leito de pó, fotopolimerização em cuba, jateamento de material, jateamento de aglutinante, adição de laminados e deposição direta de energia (Quadro 1).

Quadro 1: Principais categorias de fabricação de MA baseadas em princípio (A), tecnologia (B), matéria prima (C), fonte de energia (D) e características gerais (E) de acordo com a ASTM F2792.

(A) Princípio	(B) Tecnologia	(C) Matéria prima	(D) Fonte de energia	(E) Características gerais
Extrusão de filamentos	Modelagem por fusão e deposição (FDM); Fabricação por filamento fundido (FFF).	Termoplásticos; Argilas; Cerâmicas; Pastas metálicas.	Energia térmica	Máquina de extrusão de baixo custo; Impressão multimaterial; Resolução limitada da peça; Baixa qualidade superficial.
Fusão em leito de pó	Sinterização seletiva a laser (SLS); Sinterização direta de metais a laser (DMLS); Fusão seletiva a laser (SLM); Fusão por feixe de elétrons (EBM).	Polímeros; Metal atomizado em pó; Pó cerâmico.	Feixe de laser de alta energia; Feixe de elétrons.	Bons detalhes e precisão; Peças com alta densidade; Alta rigidez e resistência; Manipulação do pó e reciclagem; Estruturas de ancoragem e suporte.
Fotopolimerização em cuba	Esterolitografia (SL)	Fotopolímeros; Cerâmica	Luz ultravioleta	Alta velocidade de construção; boa resolução de peças; sobrecura, forma de linha digitalizada; alto custo para suprimentos e materiais.
Jateamento de material	Impressão a jato de tinta	Fotopolímeros; Ceras	Energia térmica; Cura por luz	Impressão multimaterial; alto acabamento de superfície; material de baixa resistência.
Jateamento de aglutinante	Impressão a jato de tinta indireto (Binder 3DP)	Pó polimérico; Pó cerâmico; Pó metálico.	Energia térmica	Impressão de objetos em cores; requer infiltração durante o pós-processamento; ampla seleção de materiais.
Adição de laminados	Manufatura de objeto por laminação (LOM)	Filme plástico; Folha metálica; Fita cerâmica.	Feixe de laser	Alto acabamento de superfície; baixo material; máquina, processo; problemas de decubação
Deposição direta de energia	Fabricação da forma final a laser (LENS); Deposição direta de metal (DMD); Soldagem por feixe de elétrons (EBW)	Pó metálico fundido	Feixe de laser; Feixe de elétrons.	Reparo de peças danificadas/gastas; impressão de material graduado funcionalmente; requer pós-processamento de máquina.

Fonte: Adaptado de GAO et al., 2015.

A Modelagem por Fusão e Deposição (FDM) que será aplicada nesse estudo é uma tecnologia que utiliza a extrusão no processo de MA. Esta técnica

deposita um fio de material fundido normalmente de um filamento de plástico, sobre uma mesa através de um bico extrusor. O material é aquecido a uma temperatura ligeiramente acima do seu ponto de fusão no interior do bico, em seguida é extrudado por meio de um bocal para uma base e resfriado até se solidificar e criar uma camada (GUO; LEU, 2013).

Segundo Foggiano (2005 apud Martinhão 2019) na FDM, um filamento plástico é fundido e extrudado através de uma cabeça de impressão e depositado em camadas para a concepção da peça. A FDM estabelece uma ligação dos sistemas de deslocamentos do cabeçote ou mesa de impressão nos eixos x, y e z. Os materiais mais utilizados em FDM são Acrilonitrila butadieno estireno (ABS) Ácido polilático (PLA).

2.2.2 A manufatura aditiva e o setor da saúde

Para Berman (2012) existe esperança de que o uso de MA na indústria médica apresente tendência de crescimento. A aplicação da tecnologia na fabricação de próteses resulta em uma implantação cada vez mais padronizada. Esse mercado ainda está engatinhando, no entanto, as expectativas de usar com êxito a MA na indústria médica são grandes.

Segundo Martins (2015) a MA é tradicionalmente mais conhecida nos setores de produção industrial, construção civil e de arquitetura, entretanto a sua aplicação na área médica vem sendo difundida desde a década de 90, quando sua utilização expandiu para a produção de implantes e próteses customizadas, estudo de anatomia e planejamentos cirúrgicos em ocorrência de traumatismos ou sequelas.

O setor da saúde é um dos setores de maior impacto no que diz respeito à aplicabilidade de MA. A junção da capacidade de personalizar e transformar produtos com a de produzir objetos complexos e a disponibilidade de matérias primas biocompatíveis resultaram no sucesso de aplicação da tecnologia na área

médica. Equipamentos de auxílio a cirurgias, equipamentos médicos, implantes ortopédicos, próteses, entre outros estão entre os beneficiados (WEBSTER, 2013).

De acordo com Campbell, Bourell e Gibson (2012) através de imagens médicas tridimensionais e MA, inúmeros aparelhos e tratamentos podem ser customizados conforme as necessidades fisiológicas de cada paciente. No futuro acredita-se que a tecnologia poderá ser utilizada para desenvolver tecidos do corpo humano para transplante, camada por camada, de células.

2.2.3 Válvula para respiradores

Os princípios da ventilação e oxigenação artificial primordiais têm sido empregados há cerca de dois séculos; a aplicação do gás oxigênio para fins medicinais é de amplo conhecimento e utilização diária na assistência médica, ainda que seus fatores principais sejam, eventualmente, empregados de forma pouco fundamentada (PEREIRA et.al, 2019).

Para Mello e Junior (2020) a experiência de países como China e Itália revela que a evolução do COVID-19 desencadeia a necessidade do uso de respiradores ou ventiladores mecânicos – aparelhos que preservam a oxigenação quando o pulmão perde sua capacidade respiratória. Uma máscara de oxigênio permite que a oxigenação seja fornecida ao paciente com frações superiores a 21% (PONZONI, 2020).

De acordo com Ponzoni (2020) o objetivo da válvula de Venturi é fornecer a mistura ar-oxigênio ideal ao paciente, com variação de 24% a 60% do oxigênio. O princípio de funcionamento é baseado no efeito de depressão provocado na veia contraída da válvula, somado a um efeito de arrasto de fluxo, que permite regular a fração da mistura ar-oxigênio que chega ao enfermo. Nesse contexto, existem dois tipos de válvulas Venturi, a de Fluxo Fixo e a de Fluxo Variável. As primeiras requerem a utilização de um Venturi para cada mistura ar-oxigênio solicitada pelo

paciente, enquanto as últimas (mais complexas) permitem que a variação da mistura ar-oxigênio seja feita na mesma válvula.

Segundo Negri et al. (2020) a viabilidade de utilizar impressoras 3D de universidades e empresas para a fabricação de peças de equipamentos médicos hospitalares, como válvulas para respiradores e protetores faciais, surge de forma promissora no cenário global.

A produção das válvulas de Venturi (Figura 2) para os respiradores através de impressoras 3D teve início no hospital de Chiari na cidade de Brescia, Itália. A falta do equipamento estava levando os pacientes a óbito e o meio comum de abastecimento dos mesmos não era viável por questão de tempo (FELDMAN, 2020). A empresa responsável por projetar a peça novamente e atender à necessidade do hospital de Brescia foi a Isinnova, localizada na mesma cidade.

Figura 2: Válvulas Venturi fabricadas através da impressão 3D na Itália.



Fonte: Pisano (2020).

2.2.4 Válvula Charlotte

Para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, os pacientes que desenvolvem os sintomas de deficiência respiratória aguda, em níveis médios e graves precisam de tratamento de ventilação por pressão positiva com misturas de ar acompanhadas com oxigênio. (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - RELATÓRIO DE ENSAIO, 2020).

Experiências relatadas no continente europeu apontam que o uso de máscaras de mergulho do tipo “*full face*” remodeladas com algumas peças complementares ajustando os canais de entrada e saída para ganhar a mistura de ar-oxigênio de uma unidade hospitalar é de potencial ajuda para pacientes com síndromes de deficiência respiratória aguda e reduzem a disseminação do vírus por aerossóis no ambiente assistencial (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - RELATÓRIO DE ENSAIO, 2020).

De acordo com a empresa italiana Isinnova (Itália, 2020), uma das formas de prevenir a possível escassez de máscaras hospitalares do tipo *Continuous Positive Airway Pressure* (C-PAP) utilizadas para terapia intensiva é por meio da construção de uma máscara ventilatória de emergência, com a ajuda do desenho CAD fornecido pela empresa Decathlon que auxiliou na análise, alterações e validação dos ajustes da máscara de mergulho *Snorkeling Easybreath*.

Conforme a 3D Activistes (Activistes- Documento Técnico, 2020) a função da válvula Charlotte (Figura 3) é conectar equipamentos hospitalares a máscaras de snorkel Decathlon para inflar o oxigênio, assim, aumentando a saturação do mesmo em pacientes afetados por COVID-19.

Segundo o site do projeto Motirõ Saúde (Brasil, 2020) as adaptações feitas nas máscaras às tornam um excelente equipamento de ventilação não invasiva (VNI) com os seguintes benefícios:

- Redução da necessidade de intubação e de ventilação mecânica e dos riscos referentes a esses procedimentos, como lesão de tecidos da traqueia e do pulmão do paciente;

- Redução do alto risco de contágio dos profissionais da saúde durante o processo de intubação do paciente;
- Suporte para desmame da ventilação e para dificultar a reintubação e atelectasias (Colapso completo ou parcial de um pulmão ou de uma seção de um pulmão) que em alguns casos fazem o paciente voltar para o ventilador;
- Pode ser utilizada em enfermarias, já que o escape de ar lateral é mínimo, evitando deste modo a contaminação do ambiente;
- Filtra o ar que é expirado pelo paciente, gerando risco mínimo de transmissão do vírus para profissionais de saúde;
- Proporciona conforto, seu formato e dimensão permitem que o paciente use a máscara por mais tempo.

Figura 3: Válvula Charlotte acoplada à máscara de mergulho Decathlon.



Fonte: Site Isinnova (2020).

2.2.5 Face Shields

O rosto dos profissionais da saúde é frequentemente contaminado por fluidos corporais. A *Face Shield* fornece proteção de barreira para a face, retendo os respingos de fluidos corporais e modifica a distribuição do tamanho das partículas e a magnitude dos aerossóis inalados. É composta por viseiras, quadro e sistema de suspensão (HA et al., 2020)

Os protetores faciais devem ser usados pelos profissionais de saúde durante a pandemia de COVID-19 a fim de proteger a face e as membranas mucosas associadas (olhos, nariz, boca) da propagação de gotículas de infecção. São classificados como equipamento de proteção individual auxiliar, pois devem ser utilizados em conjunto com outros equipamentos de proteção como boné, máscara e óculos para melhor resultado (KHAN; PARAB, 2020).

Projetos voluntários voltados para fabricação de proteção individual por meio de impressoras 3D como o projeto Hígia (Brasil, 2020) mobilizaram empresas e civis para desenvolver as *Faces Shields* a fim de disponibilizar esses produtos para os profissionais da rede pública de saúde no combate ao COVID-19.

3 METODOLOGIA CIENTÍFICA

3.1 Pesquisa experimental

Para o desenvolvimento desse trabalho o autor optou pela pesquisa qualitativa e quantitativa para embasamento bibliográfico e pela replicação dos equipamentos através das etapas de manufatura aditiva para fabricação da válvula Venturi, da válvula Charlotte e da *Face Shield* 

3.2 A impressora

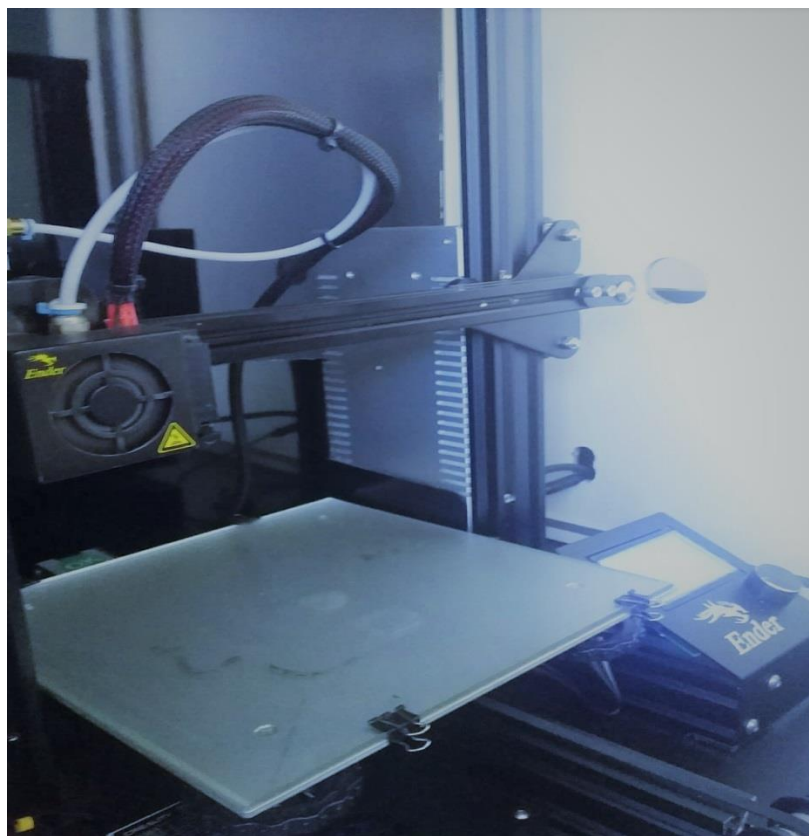
A impressora utilizada para fabricação dos equipamentos para apresentação prática do artigo foi a Creality Ender 3 (Figura 4). No Quadro 2 segue uma breve descrição do equipamento:

Quadro 2: Descrição das principais características da impressora Creality Ender 3.

Características Ender 3	
Tipo de tecnologia: FDM	Diâmetro de filamento: 1.75 mm
Arranjo mecânico: Cartesiana	Mesa de impressão com vidro aquecida até 110°C
Peso: aproximado: 8,6Kg	Conectividade via cartão micro-SD
Extrusora hotend: Mk-8 Rosca M6 (6mm)	Filamentos indicados: PLA, Polietileno Tereftalato de Etileno Glicol (PETG), Flexível, Wood, ABS.
Diâmetro do bico extrusor: 0,4mm	Software pré-definido para fatiamento: Cura
Área de impressão: 220x220x250mm	Resolução de impressão máxima: 50 microns (0,05mm)
Velocidade de impressão: 0 a 180 mm/s	Velocidade máxima de travel: 180 mm/s
Temperatura máxima hotend: 255 °C	Sistema de alimentação: Bowden
Nivelamento de mesa: Manual	Formatos de arquivo: STL, OBJ, AMF e G-code
Sistemas Operacionais: Windows, Mac e Linux	Voltagem: Bivolt (chaveada) AC 100 - 240v 50- 60Hz

Fonte: Adaptado pelo autor (2020).

Figura 4: Impressora Creality Ender 3.

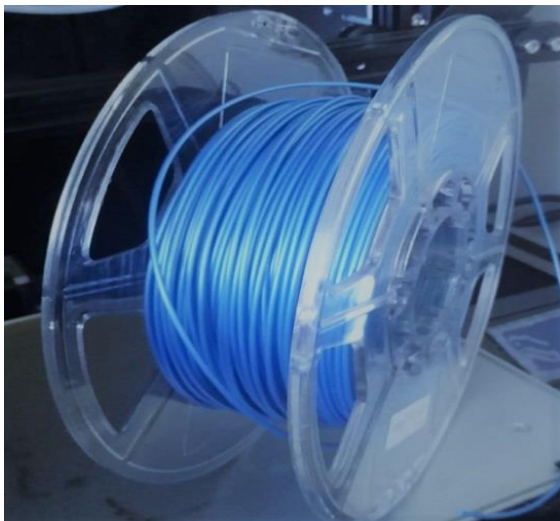


Fonte: Próprio autor (2020).

3.2.1 O material

O material escolhido para produzir as réplicas desse trabalho foi o PLA (Figura 5) que é um termoplástico, semicristalino ou amorfo, biocompatível e biodegradável, não tóxico e com boa processabilidade térmica (LIM et al., 2008; SANTOS, 2011; BRITO et al., 2012; KAEZMAREK e KWIATKOWSKA, 2012, APUD SANTANA 2015). Sua temperatura de extrusão varia entre 160 a 220°C (HAMOD, 2014 APUD SANTANA 2015).

Figura 5: Filamento PLA azul metálico 1 kg adquirido para fabricação dos equipamentos.



Fonte: Próprio autor (2020).

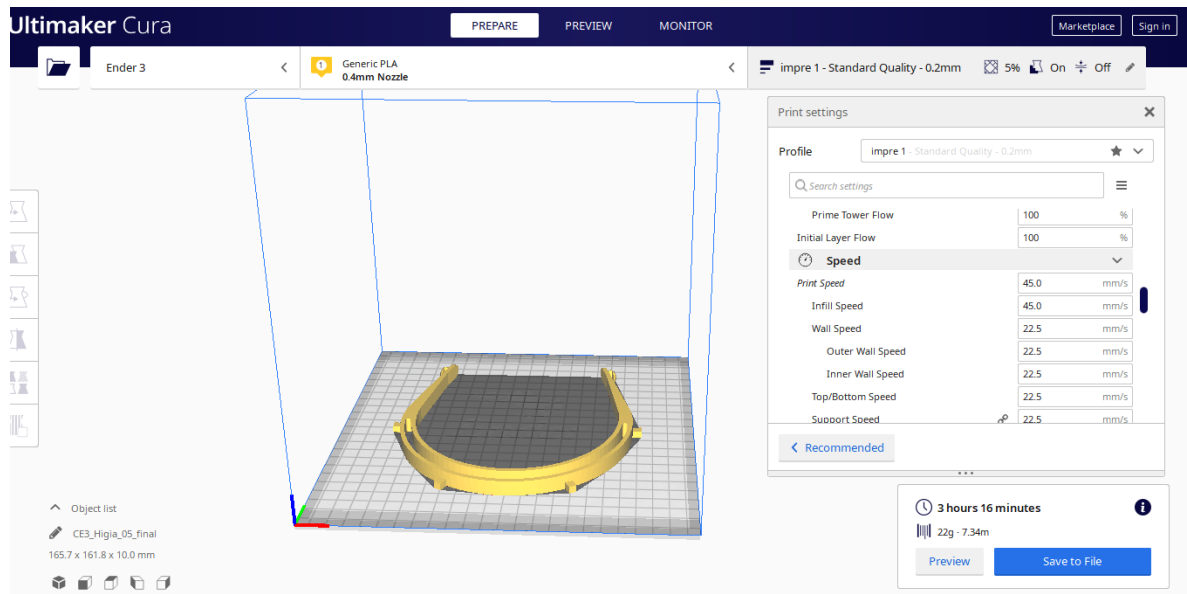
3.3 A fabricação das replicas



O processo de fabricação das replicas teve início no dia 5 de outubro de 2020 com o *download* dos respectivos arquivos de impressão dos equipamentos disponibilizados pelos idealizadores de cada produto em suas plataformas digitais com exceção do arquivo da válvula Venturi que foi desenvolvida através de engenharia reversa e devido às regras de emergência da Itália as exigências legais de certificação foram dispensadas, logo a patente pertence à fabricante do produto e exige certificação em órgão específico para liberação.

Após *download* os arquivos foram abertos em um *software* fatiador de impressão 3D responsável por dividir a peça camada por camada nomeado Cura versão 4.7.1 (Figura 6) a fim de definir diversos parâmetros como a impressora a ser utilizada e os parâmetros de impressão como altura de camada, espessura de parede da peça, velocidade de impressão, temperatura do bico extrusor (estipulada pelo tipo de material), temperatura de mesa, tempo de impressão, tamanho de peça e quantidade de material a ser utilizado.

Figura 6: Tela principal do *software* de fatiamento Cura 4.7.1.



Fonte: Próprio autor (2020).

As principais configurações de impressão de cada equipamento foram definidas pelos desenvolvedores e estão descritas a seguir com as demais configurações definidas pelo autor.

Válvula Venturi (Figura 7)

Material indicado: PETG (PLA para replica)

Temperatura de extrusão: 195°C (indicada pelo fabricante do filamento)

Mesa aquecida: 55°C (definida pelo autor)

0,2 mm de altura da camada

3-4 camadas externas para maior resistência (3 definida pelo autor)

20-30% de preenchimento (30% definido pelo autor)

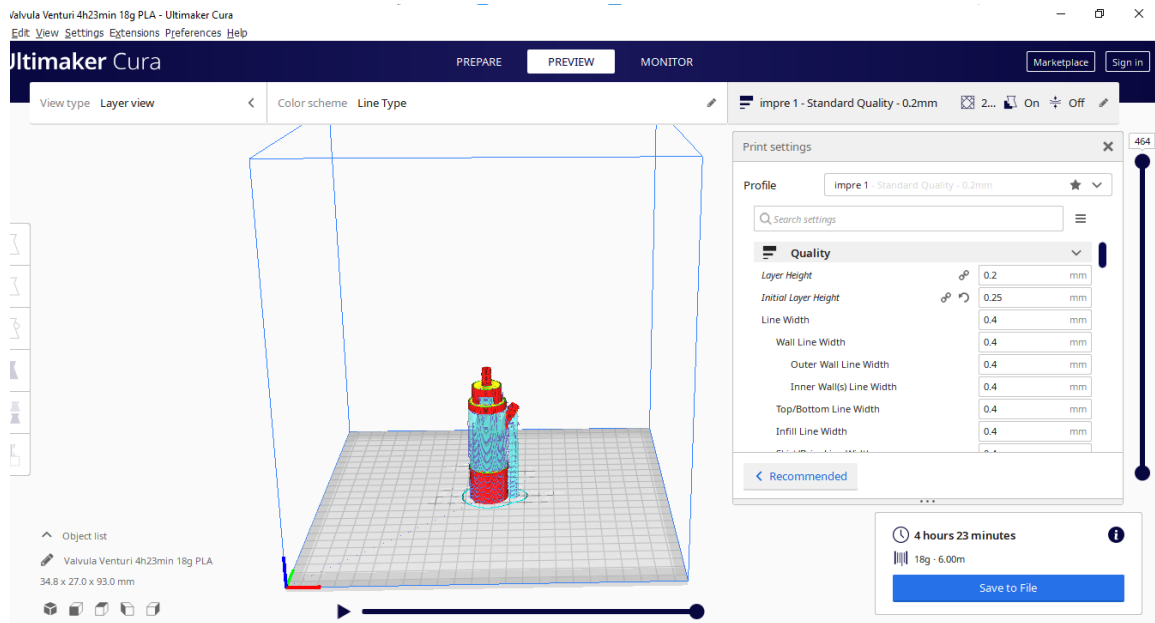
Tamanho da peça: 34,8 x 27,0 x 93 mm

Tempo de fabricação: 4 horas e 23 minutos

Peso: 18 gramas

Crédito do arquivo: Fablab, Massimo Temporelli

Figura 7: Fatiamento da Válvula Venturi.



Fonte: Próprio autor (2020).

Válvula Charlotte (Figura 8)

Espessura da camada: 0,2 mm

Temperatura do bico: 205 - 210 °C (205°C definida pelo autor)

Mesa aquecida: 35-50 °C (50°C definida pelo autor)

Suporte: apenas tocando a placa embutida.

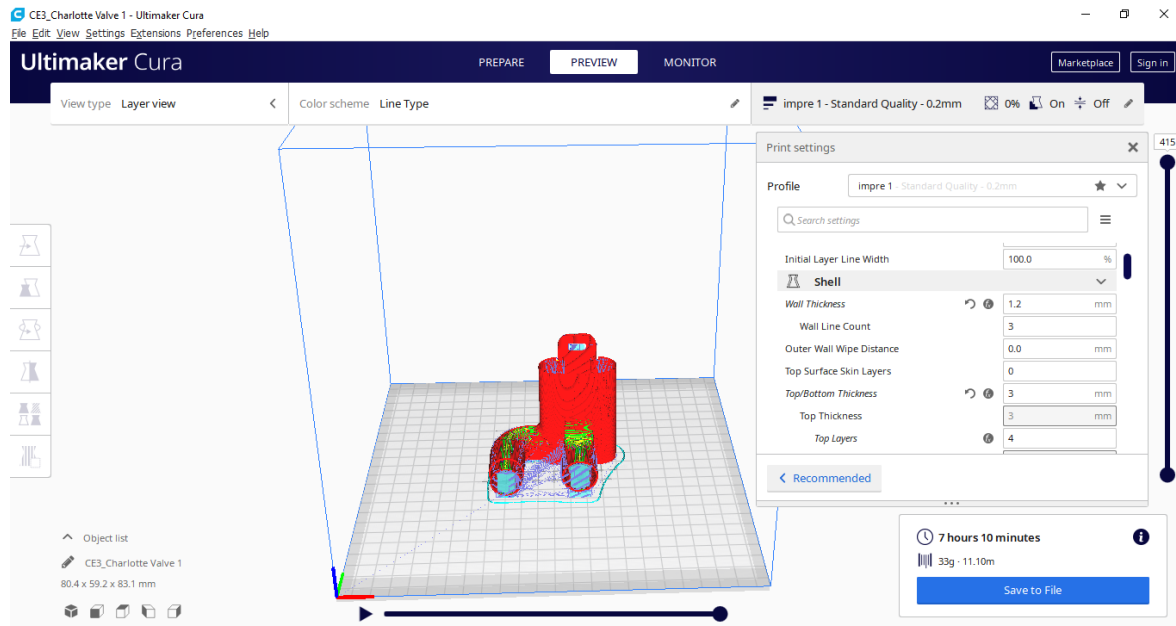
Orientação: Charlotte apoiada no plano terminal

Tamanho da peça: 80,4 x 59,2 x 83,1mm

Tempo de fabricação: 7horas e 10 minutos

Peso: 33 gramas

Figura 8: Fatiamento da Válvula Charlotte.



Fonte: Próprio autor (2020).

Válvula adaptada no Brasil (Cidinha, Figura 9)

Espessura da camada: 0,22 mm

Temperatura do bico: 205°C

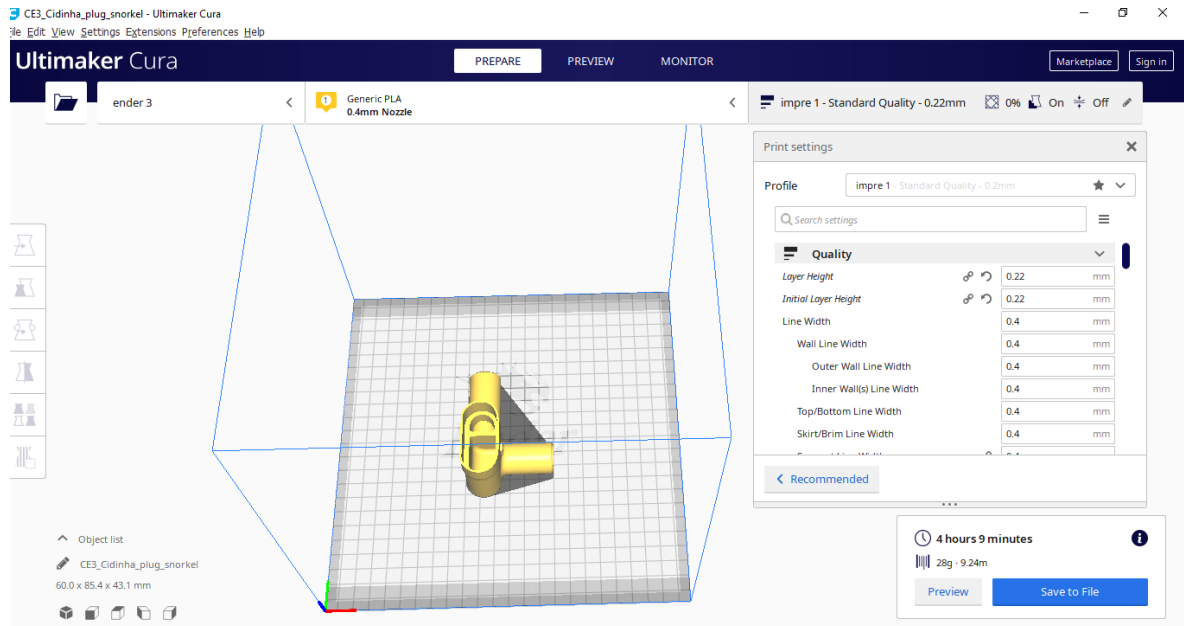
Mesa aquecida: 55°C

Tamanho da peça: 60 x 85,4 x 43,1mm

Tempo de fabricação: 4 horas e 9 minutos

Peso: 28 gramas

Figura 9: Fatiamento da Válvula Cidinha.



Fonte: Próprio autor (2020).

Face Shield (Figura 10)

Espessura de camada: 0,2mm

Top Layers: 5

Bottom Layers: 5

Camadas externas: 3

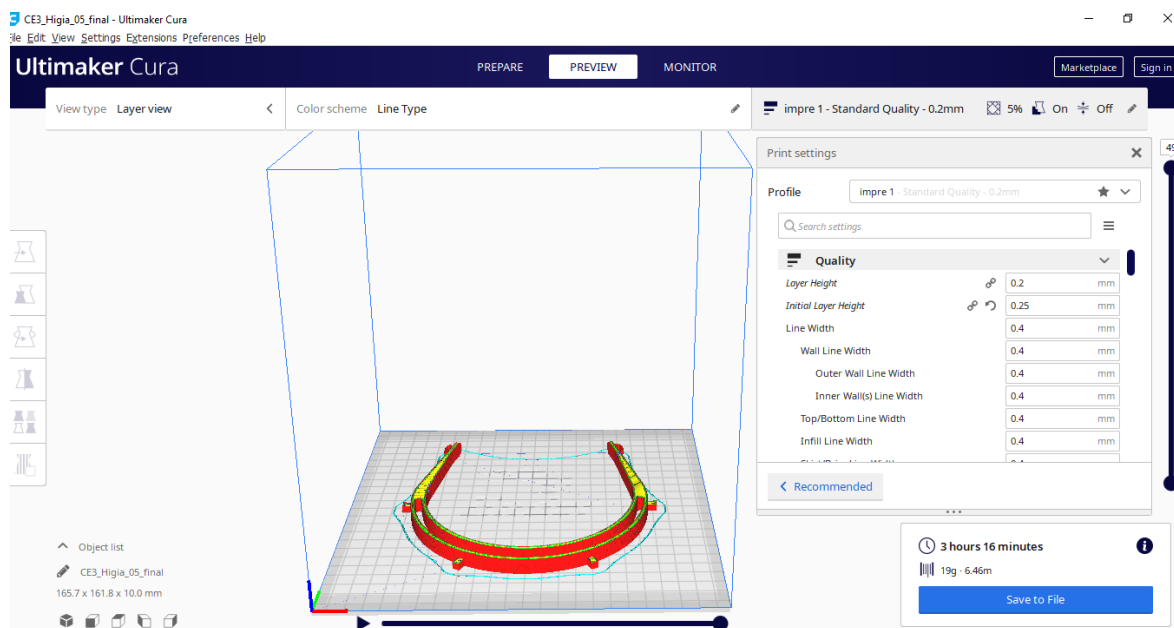
5% de preenchimento do tipo comeia ou hexágono

Velocidade: 45mm/s definida pelo autor

Tempo de impressão 3 horas e 16 minutos

Peso: 19 gramas

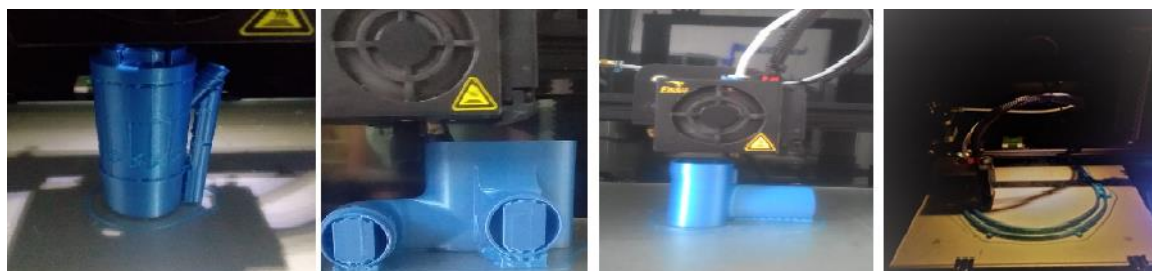
Figura 10: Fatiamento da *Face Shield*.



Fonte: Próprio autor (2020).

Com todos os parâmetros definidos os programas foram salvos e transferidos para um cartão de memória. Esse cartão foi conectado a impressora onde foram selecionados os arquivos para fabricação dos equipamentos (Figura 11).

Figura 11: Processo de fabricação por FDM das válvulas Venturi, Charlotte, Cidinha e da *Face Shield*.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Após o processo de impressão (Figura 12) é preciso verificar a necessidade de fazer acabamento das peças que consiste em retirar se aplicável, suportes gerados durante a impressão (devem ser retirados manualmente ou com o auxílio de pinça, estilete ou alicate de corte), bem como fazer a higienização do produto para utilizar.

Figura 12: Processo de retirada de suportes das peças.



Fonte: Próprio autor (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a plataforma brasileira Protege BR (Br,2020) ao todo foram 250 iniciativas relacionadas à falta de EPI'S e outros produtos hospitalares mapeadas pelo Brasil sendo cerca de 60 delas de empresas, instituições e projetos que utilizam a MA de FDM. As principais iniciativas de MA estão estratificadas na Tabela 2.

Tabela 2: Principais iniciativas desenvolvidas por MA nos estados nacionais.

NOME	ESTADO
Com Vida 2020	AC
Liga Contra a Covid-19 Manaus	AM
Face Shield for Life 3D, Faceshield do Vale do São Francisco	BA
#CadaImpressãoConta (Enable Brasil), Laboratório Aberto e QuesttoNó	BR
CriarCE FabLab e Laboratórios Associados de Inovação e Sustentabilidade da UECE	CE
STL ao Cubo e 3D Saves	DF
SOS 3D JF, Trem Maker, Uai FabLab	MG
SESI MS	MS
Aio MakerTronics	MT
Tapajós 3D e Jefferson Saavedra Paiva	PA
FabLab da UFPB e Solidariedade 3D	PB
Casa Criatura E Cada Impressão Conta PE	PE
IFPIFlo Face Shields, iMaginum3D, Laboratório de Impressão 3D da Associação Dar a Mão, Faceshield for Life 3D RR	PI
Atitude3D, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Projeto Gama	PR
SOS 3D COVID19 - PUC Rio, Faceshield de Nova Friburgo, Visto BIO, Máscara 3D	RJ
Maker MA / Casarão Tech	RN
Universidade Federal do Rio Grande Do Sul	RS
Imprimindo Ajuda Videira, Motiro Saúde, FabLab3Dtoy,	SC
Soluções Tecnológicas UNESP/IFMS, Projeto Higia, Face Shields Floriano, Amor em Foco, Sethi3D, Makers contra Covid, Santos Hacker Clube, o GT de Cultura Hacker do LAB Procomum, o Atêlie Hacker e outros, High Tech, Desing Antivirus, Doa Mascara, Rede Produtiva Viva, Nanquim&Narayama, Medi-Shield, Oiti Confecções, NT3D CTI Renato Archer, Projeto NUT3D/UNIARA e Pesquisadores do Núcleo de Tecnologias Tridimensionais	SP

Fonte: Adaptada pelo autor (2020).

Na Itália a empresa Isinnova imprimiu as primeiras válvulas Venturi (Figura 13) com o processo FDM e em parceria com a empresa Lonati SpA imprimiu e

doou 100 válvulas Venturi fabricadas pelo processo de fusão de leito em pó para atender de forma emergencial o hospital de Brescia (SHER, 2020).

Figura 13: A esquerda a válvula original e a direita a válvula desenvolvida por engenharia reversa e impressa em por tecnologia FDM.

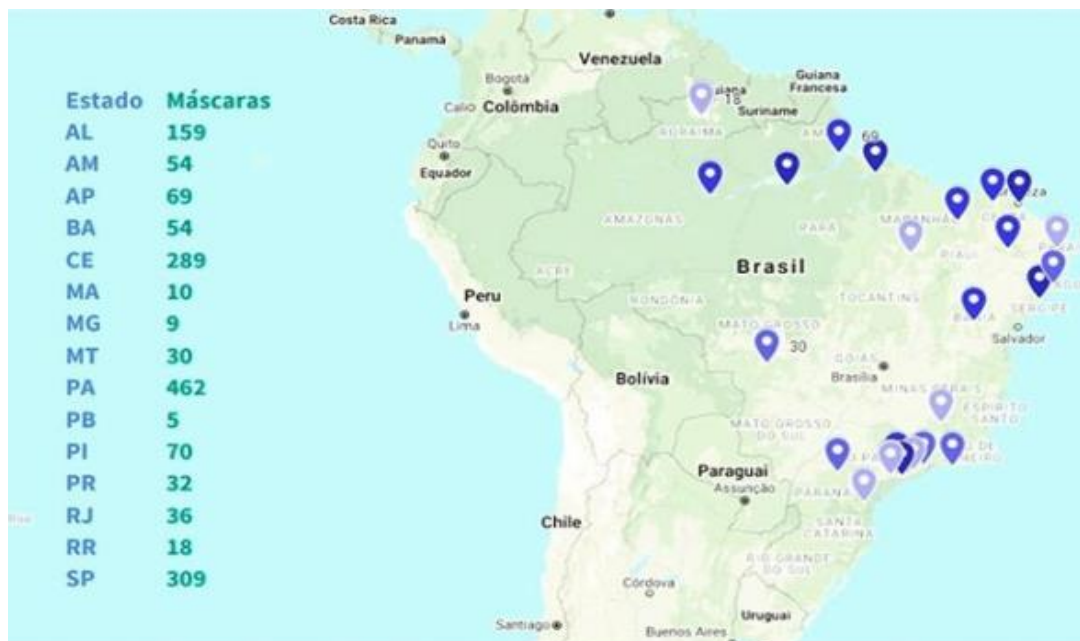


Fonte: SHER (2020).

A Decathlon doou máscaras de mergulho para serem adaptadas em diversos países como Estados Unidos, França, Itália, Espanha e Brasil. Somente nos países europeus, os estoques chegam a cerca de 70 mil máscaras (CECCON 2020). O arquivo da válvula Charlotte foi disponibilizado gratuitamente pela Isinnova e teve dois milhões de downloads (ISINNOVA, 2020).

De acordo com o projeto Motirõ Saúde (Brasil, 2020) foram desenvolvidas 1900 mascaras adaptadas de VNI e 1606 doações para mais de 100 hospitais do Sistema Único de Saúde (SUS) em todo território nacional (Figura 14).

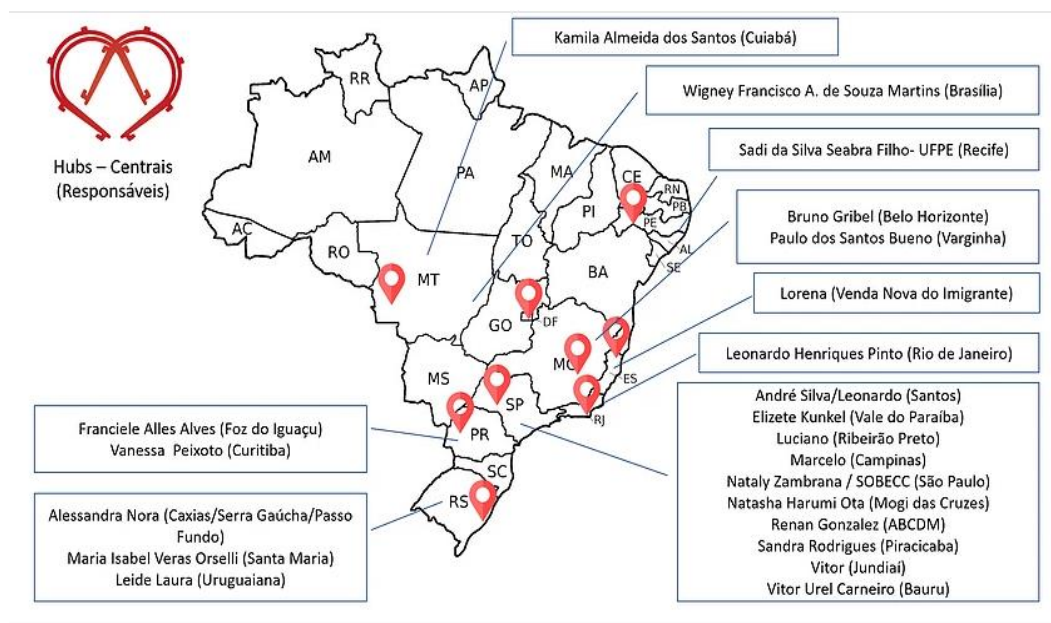
Figura 14: Locais do território Nacional que receberam doações de máscaras adaptadas pelo projeto Motirõ Saúde.



Fonte: MOTIRÕ SAÚDE (2020).

O Projeto Hígia (2020) distribuiu as *Faces Shields* em diversas regiões do país (Figura 15) e disponibilizou o arquivo do equipamento para que civis também pudessem contribuir com suas impressoras alcançando a marca de 40.000 híguas produzidas mundialmente por impressão 3D e 80.000 por injeção industrial.

Figura 15: Distribuição nacional das *Faces Shields* conforme Projeto Hígia.



Fonte: PROJETO HIGIA (2020).

Ao realizar a fabricação dos equipamentos (Figura 16) pelo processo de FDM na Ender 3 pode-se afirmar conforme o Quadro 3 que com base em 1kg de filamento tipo PLA se produz:

Quadro 3: Quantidade de equipamentos fabricados com 1 kilo de filamento PLA.

Equipamentos	Quantidade fabricada por kilo
Válvulas Venturi	55 unidades
Válvulas Charlotte	30 unidades
Válvulas Cidinha	35 unidades
<i>Faces Shields</i>	52 unidades

Fonte: Próprio autor (2020).

Um ponto negativo pensando na produção das quantidades descritas acima em uma única impressora é o tempo conforme Quadro 4.

Quadro 4: Tempo estimado para produção dos equipamentos com base em uma impressora Ender 3.

Tempo estimado para produção dos equipamentos (aproximadamente)	
55 válvulas Venturi	241 horas
30 válvulas Charlotte	215 horas
35 válvulas Cidinha	145 horas
52 <i>Faces Shields</i>	169 horas

Fonte: Próprio autor (2020).

Figura 16: Equipamentos prontos após todas as etapas de fabricação.



Fonte: Próprio autor (2020).

Por outro lado os resultados de doações de equipamentos fabricados por MA comprovam que a junção de diversas impressoras atende de forma rápida e assertiva a escassez dos equipamentos.

Outro ponto observado é a questão do acabamento das peças. Na fabricação da *Face Shield* não há necessidade de criação de suportes, portanto a necessidade de fazer algum tipo de acabamento é mínima.

Para os demais produtos a fase de acabamento das peças demanda tempo devido à quantidade de suportes necessários gerados pelo fatiador e cuidado para não afetar a qualidade do produto na hora de utilizar estilete, pinça alicate ou outro objeto para ajuste.

Outro ponto a se destacar é a viabilidade da tecnologia FDM para fabricação de Faces Shields, Válvulas Charlotte e Cidinha. As válvulas Venturi podem ser fabricadas por esse processo, porém a complexidade sugere a fabricação em leito de pó que não deixa de ser uma tecnologia de MA.

5 CONCLUSÃO

Através deste trabalho pode-se concluir que indubitavelmente a MA é uma tecnologia inovadora, disruptiva e diferenciada que ganhou destaque na trajetória de 2020 com o combate ao COVID-19 através de iniciativas de civis, instituições, empresas e projetos sociais que unidos desenvolveram ideias, projetaram modelos e produziram as válvulas, *Faces Shields* e outros equipamentos escassos e necessários ao longo da pandemia com o foco em ajudar o setor da saúde.

Através das réplicas foi possível compreender as etapas de fabricação dos produtos bem como analisar os resultados dos parâmetros estipulados no processo de fabricação e identificar o quanto uma única impressora pode contribuir com situações emergenciais como a que o mundo está passando.

Vale ressaltar os impactos produtivos e sociais que a impressão 3D gerou com o apoio das Plataformas digitais, em especial a Protege BR que mapeou todas as iniciativas de produção de equipamentos no Brasil e disponibilizou os arquivos de projetos abertos para fabricação. A produção e doação dos equipamentos deixam claras a geral e intensa preocupação em proteger os profissionais da saúde, controlar a disseminação do COVID-19 e principalmente salvar vidas em causas emergenciais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTIVISTES, 3D. **Adaptadores para máscaras Snorkel Decathlon**: documento técnico. Tarragona: 3D Activistes La Comunitat Maker, 2020. 15 p. Disponível em: <http://www.tauli.cat/institut/wp-content/uploads/2020/04/3DPT023-documentaciontecnica.pdf>. Acesso em: 22 set. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução - Rdc Nº 379, de 30 de Abril de 2020**. 82B. ed. Brasília, DF, Seção 1, p. 90. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-379-de-30-de-abril-de-2020-254764712#:~:text=%22Art.,ao%20SARS%2DCoV%2D2..> Acesso em: 11 set. 2020.

ALBERTI, Eduardo André; SILVA, Leandro João da; D'OLIVEIRA, Ana Sofia C. M.. **Manufatura Aditiva: o papel da soldagem nesta janela de oportunidade**. Soldag. insp., São Paulo, v. 19, n. 2, p. 190-198, June 2014. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-92242014000200011&lng=en&nrm=iso>. access on 8 Out. 2020. <https://doi.org/10.1590/0104-9224/S11902.11>

BERMAN, Barry. 3-D printing: The new industrial revolution. Bus. Horiz. vol. 55, no. 2, pp. 155–162, 2012.

BRASIL, DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **PORTARIA Nº 25 de 15 out. 2001**. Seção 199, p. 50. Disponível em: http://www.lex.com.br/doc_22030_PORTARIA_N_25_DE_15_DE_OUTUBRO_DE_2001.aspx. Acesso em: 7 out. 2020.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **COVID-19**. 2020. Disponível em: <https://coronavirus.saude.gov.br/>. Acesso em: 16 set. 2020.

BR, Protege. **Rede de apoio aos profissionais de saúde contra COVID-19**. 2020. Disponível em: <https://www.protegebr.org/>. Acesso em: 5 out. 2020.

CAMPBELL, I.; BOURELL, D.; GIBSON, I. **Additive manufacturing: rapid prototyping comes of age**. Rapid Prototyping Journal, v. 18, n.4, p. 255 – 258, 2012. <http://dx.doi.org/10.1108/13552541211231563> acesso em: 28 set.2020.

CECCON, Mariana. Máscara de mergulho adaptada e respirador impressos em 3D; ideias que unem design e medicina. **Gazeta do Povo**. Curitiba, p. 1-1. 31 mar. 2020. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/mascara-de-mergulho-adaptada-e-respirador-mecanico-conheca-ideias-que-unem-design-e-medicina/>. Acesso em: 25 ago. 2020.

CRUZ, Roberto Moraes et al . **COVID-19: emergência e impactos na saúde e no trabalho**. Rev. Psicol., Organ. Trab., Brasília, v. 20, n. 2, p. I-III, jun. 2020 . Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-66572020000200001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 7 set. 2020. <http://dx.doi.org/10.17652/rpot/2020.2.editorial>.

FELDMAN, Amy. **Engenheiros italianos fazem peças de respiradores com impressão 3D para ajudar pacientes com COVID-19**. Forbes Brasil, São Paulo, v. -, n. -, p. 1-1, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://forbes.com.br/colunas/2020/03/engenheiros-italianos-fazem-pecas-de-respiradores-com-impressao-3d-para-ajudar-pacientes-com-covid-19/>. Acesso em: 18 set. 2020.

GOMES, João Francisco Bueno; WILTGEN, Filipe. **Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas**. 41. ed. Fortaleza: Revista Tecnologia, 2020. 16 p. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/9917/6240>. Acesso em: 15 set. 2020.

Gao, Wei & Zhang, Yunbo & Ramanujan, Devarajan & Ramani, Karthik & Chen, Yong & Williams, Christopher & Wang, Charlie & Shin, Yung & Zhang, Song & Zavattieri, Pablo. (2015). **The Status, Challenges, and Future of Additive Manufacturing in Engineering**. Computer-Aided Design. 69. 10.1016/j.cad.2015.04.001. acesso em 2 out.2020

GUO, Nannan; LEU, Ming. C. **Additive manufacturing: Technology, applications and research needs**. Front. Mech. Eng., vol. 8, no. 3, pp. 215–243, 2013.

ISINNOVA (Itália). **Easy-COVID-19 ENG**. Disponível em: <https://www.isinnova.it/easy-covid19-eng/>. Acesso em: 23 out. 2020.

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **RELATÓRIO DE ENSAIO N.º 1 116 785-203: estudo experimental para caracterização de máscaras de mergulho para uso com pacientes que necessitam receber misturas de gases em pressão positiva e minimizar a saída de ar expirado contaminado**. São Paulo: Centro de Metrologia Mecânica, Elétrica e de Fluidos - Ctmetro, 2020. 35 p. Disponível em: <http://motirosaude.com/anexos/Relat%C3%B3rio%20IPT.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.

Jennifer F Ha, Ryan Collier, Alan M Kop, David A Morrison, **The COVID-19 pandemic e ENT modificados face shields**, BJS (British Journal of Surgery), 10.1002 / bjs.11909, 107 , 11, (e448-e449), (2020).Biblioteca Wiley Online

Khan MM, Parab SR. **Safety Guidelines for Sterility of Face Shields During COVID 19 Pandemic** [published online ahead of print, 2020 Apr 30]. Indian J

Otolaryngol Head Neck Surg. 2020;1-2. doi:10.1007/s12070-020-01865-2 acesso em: 7 out. 2020

MARTINHÃO, Nicolas Eugênio Martins. **ESTUDO DO IMPACTO DE FATORES DE IMPRESSÃO 3D NAS DIMENSÕES EM PEÇAS FABRICADAS EM ABS PELA MANUFATURA ADITIVA FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM)**. 2019. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/62003>. Acesso em: 14 out. 2020.

MARTINS, K. Y. N. **Metodologia para adoção de sistemas de gestão baseada na ISO 9001 em organizações de manufatura aditiva aplicadas à saúde**. 2015. 76f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde - PPGCTS) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

MELLO, Adriana Marotti de; JUNIOR, Alvaír Silveira Torres. **Desafios para o suprimento de respiradores para pandemia de covid-19**. *Jornal da Usp*: Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, p. 1-1. 27 mar. 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=310127>. Acesso em: 15 set. 2020.

MOTIRÃO- SOLUÇÕES E RECURSOS (Brasil) (org.). **Equipamentos de VNI: tratamento da covid-19**. Tratamento da COVID-19. 2020. Disponível em: <http://www.motirosaude.com/>. Acesso em: 5 out. 2020.

NEGRI, Fernanda de *et al* (org.). **Ciência e Tecnologia frente à pandemia: como a pesquisa científica e a inovação estão ajudando a combater o novo coronavírus no Brasil e no mundo**. Como a pesquisa científica e a inovação estão ajudando a combater o novo coronavírus no Brasil e no mundo. 2020. IPEA- Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/182-corona>. Acesso em: 26 set. 2020.

OLIVEIRA, Hudson Carmo de *et al* . **Equipamento de Proteção Individual na pandemia por coronavírus: treinamento com Prática Deliberada em Ciclos Rápidos**. *Rev. Bras. Enferm.*, Brasília , v. 73, supl. 2, e20200303, 2020 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71672020001400150&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Ago. 2020. Epub June 29, 2020. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0303>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Pandemia de doença por coronavírus (COVID-19)**. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>. Acesso em: 14 set. 2020.

PEREIRA, Elaine Cristina; SANDR, Priscila; GUIMARÃES, Hélio Penna; COSTA, Fernanda Ariane Mendes. **Princípios da Assistência Ventilatória Básica. Editora dos Editores**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-20, jan. 2019. Disponível em: http://editoradoseditores.com.br/loja-virtual/wp-content/uploads/2019/01/Capi%CC%81tulo-01_Vias-Ae%CC%81reas.pdf. Acesso em: 19 out. 2020.

PISANO, Paola, Ministra de Inovação Tecnológica e Digitalização da Itália. **Parabéns a Cristian Fracassi, @ temporelli73 e todas as pessoas que o ajudaram no negócio de impressão 3D das válvulas de respiração em falta do Hospital Chiari em Brescia**. Brescia, 15 mar. 2020. Twitter: @PaolaPisano_Min. Disponível em: https://twitter.com/PaolaPisano_Min/status/1239246094539915265/photo/1. Acesso em: 18 set. 2020.

PROJETO HÍGIA (Brasil) (org.). **Projeto Hígia: protetores faciais por impressão 3D para hospitais em combate à covid-19**. Projeto Social. Disponível em: <https://www.projeto higia.com.br/>. Acesso em: 20 out. 2020.

PONZONI, LME **O efeito Venturi, materiais biodegradáveis e tecnologias de impressão 3D combinados em um dispositivo para salvar vidas entre pacientes COVID-19**. INNOVA UNTREF , n. 5, 24 de agosto 2020.

ROCHA, Francisco José Tavares da. **A ATUAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE NO COMBATE AO NOVO CORONAVÍRUS E À ESCASSEZ DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)**. Revista Caderno Virtual. Brasília, p. 1-18. maio 2020. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/cadernovirtual/article/view/4702>. Acesso em: 19 set. 2020.

Rothan, Hussin & Siddappa, Nagadenahalli. (2020). **The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak**. *Journal of Autoimmunity*. 109. 102433. 10.1016/j.jaut.2020.102433.

SANTANA, Leonardo. **AVALIAÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D BASEADA EM PROJETO DE CÓDIGO ABERTO NA FABRICAÇÃO DE PEÇAS EM PLA**. 2015. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/160786/336485.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 set. 2020.

SANTOS, Célio Monteiro; BELÉM, José de Figueiredo. **Indústria 4.0 e Manufatura Aditiva: Um Estudo de Caso com os Consumidores de Calçados Produzidos nas Indústrias de Calçados de Juazeiro do Norte**. Id on Line Rev.Mult. Psic., 2018, vol.12, n.42, p. 1059-1072, 2018. ISSN: 1981-1179. SARTORI, Andrey. **Análise dos efeitos da manufatura aditiva na cadeia de suprimentos**. 2019. 157 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia de

Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/196118>. Acesso em: 17 set. 2020.

SHER, Davide. **Hospital italiano salva vidas de pacientes da Covid-19 por meio de válvulas de impressão 3D para dispositivos de reanimação**: a cadeia de suprimentos foi quebrada, as pessoas e a impressão 3d cresceram para a ocasião. A cadeia de suprimentos foi quebrada, as pessoas e a impressão 3D cresceram para a ocasião. 2020. 3D Printing Media Network. Disponível em: <https://www.3dprintingmedia.network/covid-19-3d-printed-valve-for-reanimation-device/>. Acesso em: 21 set. 2020.

SILVA, Antonio Luis Araujo *et al.* **MANUFATURA ADITIVA: CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO COM OS PROCESSOS DE PRODUÇÃO EXISTENTES**. In: XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38., 2018, Maceió. **“A Engenharia de Produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil”**. Maceió: Enegep 2018, 2018. p. 1-9. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_264_516_35268.pdf. Acesso em: 25 set. 2020.

Silva DM, Rodrigues NH, Silva LGA, Souza E, Oliveira SG, Osório AP. **Recomendações para a utilização de máscara em ambiente hospitalar durante a pandemia ocasionada pelo Coronavírus**. J. nurs. health. 2020; 10(n.esp.): e20104010

SOARES, Samira Silva Santos *et al.* **Pandemia de Covid-19 e o uso racional de equipamentos de proteção individual**. Revista Enfermagem UERJ, [S.l.], v. 28, p. e50360, maio 2020. ISSN 0104-3552. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/enfermagemuerj/article/view/50360>>. Acesso em: 12 out. 2020. doi:<https://doi.org/10.12957/reuerj.2020.50360>.

TOSMANN, João Marcio. **Importância da fiscalização do uso de EPIs e EPCs**. Cipa & Incêndio. São Paulo, p. 5-5. 11 jan. 2019. Disponível em: <https://revistacipa.com.br/artigo-importancia-da-fiscalizacao-do-uso-de-epis-e-epcs/>. Acesso em: 12 out. 2020.

Veiga, Vanessa; Oliveira, Rui (2020). **Combate a incêndios por bombeiros do distrito de Bragança: conforto e satisfação no uso do equipamento de proteção individual (EPI)**. In XXX Jornadas Luso-Espanholas de Gestão Científica. Cooperação transfronteiriça: desenvolvimento e coesão territorial. Bragança, Portugal.

VOLPATO, N.; DE CARVALHO, J. **Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D**. In: VOLPATO, N. (Ed.). . Manufatura aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D. São Paulo: Blucher, 2017

WEBSTER, S. A. **Additive Manufacturing: A Custom Solution for the Medical Industry.** April. Disponível em:
<https://www.tmcnet.com/usubmit/2013/05/06/7114457.htm>. Acesso em 18
set.2020.