

Projeto e impressão 3D de máscaras de proteção ao COVID-19 – Piic/UFES

Edital:	Edital Piic 2020/2021
Grande Área do Conhecimento (CNPq):	Ciências Sociais Aplicadas
Área do Conhecimento (CNPq):	Arquitetura e Urbanismo
Título do Projeto:	Ecologias de projeto
Título do Subprojeto:	Projeto e impressão 3d de máscaras de proteção ao COVID-19
Professor Orientador:	Prof. Dr. Bruno Massara Rocha
Estudante:	Gabriele Dias Roriz

Resumo

Este subprojeto de pesquisa tem como objetivo aprimorar o design de equipamentos de proteção individual (EPI) para uso de profissionais de saúde contra a contaminação do vírus COVID-19. O projeto, realizado em parceria com o Departamento de Prótese Dentária do Centro de Ciências da Saúde da UFES, irá realizar uma pesquisa com o modelo de máscara do tipo shield de código-aberto da marca Prusa, comumente utilizada e distribuída por laboratórios de fabricação digital para atender à demanda atual de proteção contra o Coronavírus. Esta pesquisa dá continuidade ao esforço do Grupo de Pesquisa Conexão VIX do Departamento de Arquitetura e Urbanismo em produzir e distribuir gratuitamente máscaras de proteção a profissionais do Estado do ES, um trabalho iniciado em março de 2020 que já distribuiu mais de 40 máscaras para diversas instituições públicas e privadas do ES. Diante das dificuldades encontradas até o momento, a pesquisa espera aprimorar o processo de produção destes equipamentos, com referência à impressão 3D e o corte a laser, e apresentar sugestões para elaboração de um modelo mais bem adaptado em termos de performance e também custo de produção.

Palavras-chave: *máscaras de proteção, COVID-19, fabricação digital, impressão 3d, corte a laser.*

1 Introdução

Durante o contexto mundial da pandemia do COVID-19, os equipamentos de proteção individual têm sido imprescindíveis para o controle viral e para realização segura do trabalho dos profissionais de saúde. Com uma demanda global, o mundo se deparou com a interrupção da cadeia de abastecimento e, por conseguinte, com a escassez de suprimentos necessários para a produção de equipamentos de proteção, diagnóstico e dispositivos médicos. Além da escassez de suprimentos, existem inúmeros modelos e tipos de *shields* que nem sempre se

adequam às necessidades de proteção e conforto, em especial dos médicos e profissionais de saúde, como odontólogos, que lidam diretamente com contexto de alto risco.

Nesse contexto, a impressão 3D pode se tornar uma grande aliada para a resolução dos problemas imediatos de escassez, uma vez que permite a rápida e fácil produção de máscaras, óculos e *face shields*. Além disso, outra contribuição da impressão 3D é a customização, ou seja, a produção de equipamentos personalizados de acordo com as necessidades do usuário e das características físicas de cada indivíduo.

Sob essa perspectiva, a atual crise provocada pela pandemia tem ressaltado a necessidade de uma abordagem a nível comunitário e de uma maior independência dos países em desenvolvimento das cadeias de suprimentos internacionais, como parece ocorrer no Brasil. Nesse sentido, segundo Ishack & Lipner (2020) a fabricação local de EPIs é uma ótima alternativa para solucionar os problemas de escassez, ajudando a complementar a demanda por equipamentos em hospitais, clínicas e no uso cotidiano.

Portanto, os principais objetivos da pesquisa são: a) avaliar a disponibilidade das máscaras para impressão na internet, b) testar alguns modelos na impressora 3D e c) realizar análises e apontamentos pertinentes para melhorar a performance das máscaras para atender as necessidades dos profissionais da odontologia e áreas afins. Esta especificidade se dá em função da articulação desta pesquisa com o Departamento de Próteses Dentárias da UFES por meio da Professora doutora Jackeline Coutinho Guimarães. As análises serão realizadas levando em conta os aspectos de conforto, encaixe, proteção contra aerossóis e espaço auxiliar para acessórios complementares (óculos, máscaras, luzes). A produção realizada através da impressão 3D, além de melhorar a qualidade dos equipamentos de proteção contra COVID-19, também pode ser um recurso valioso para viabilizar a fabricação local e garantir o abastecimento de EPIs em hospitais e centros de saúde na localidade.

2 Objetivos

Nesse tópico, vamos apresentar com mais detalhes os objetivos, baseando-se nos problemas que foram identificados nos modelos de máscaras e *face shields* existentes. Esses dados foram extraídos de outros artigos científicos e das entrevistas que realizamos com a professora Dra. Jackeline Coutinho Guimarães, profissional da saúde e pertencente ao departamento de Odontologia da Universidade Federal do Espírito Santo.

Segundo os estudos realizados por Mostaghimi et al (2020), os problemas mais relevantes observados nos modelos de *face shields* são: proteção limitada no topo do visor, desconforto ao se utilizar por muitas horas seguidas e comprimento limitado que não garante a proteção de toda a face do usuário. Ainda, foram realizados testes de resistência a respingos, de embaçamento e de conforto para definir a qualidade do *shield*. Nessa mesma perspectiva, a pesquisa de Wesemann et al (2020) considerou parâmetros relevantes para a funcionalidade de um *face shield*, que comprova que os problemas existentes nesses equipamento estão relacionados ao encaixe na testa, ao conforto durante o uso, à quantidade de espaço disponível para outros acessórios, à vedação na testa e à proteção da lateral do rosto.

No dia 5 de maio de 2021, foi realizada uma visita ao Centro de Ciências da Saúde (CCS) da UFES, em Maruípe, onde conversamos com a professora Jackeline sobre as condições de biossegurança do campus e as novas necessidades de proteção dos docentes e discentes do curso de odontologia, que já retornaram às aulas práticas. Como a professora também tem atuação como dentista, foi possível compreender um pouco mais sobre a realidade dos profissionais da odontologia no contexto pandêmico. Nesse sentido, de acordo com Jackeline, os principais problemas enfrentados com os face shields estão relacionados com a falta de espaço para outros acessórios, reflexo e embaçamento, que dificultam a visualização do profissional. Além disso, há a necessidade de EPIs não descartáveis, uma vez que é necessário trocá-los em cada consulta e isso gera um grande volume de lixo. Portanto, as principais questões são conseguir produzir shields que podem ser higienizados sem prejudicar a película anti embaçante e anti reflexo do visor.

Portanto, dentre os objetivos desta pesquisa estão: a análise da disponibilidade de shields para impressão 3D na internet, a avaliação das particularidades de produção de modelos identificados e a proposição de alternativas e complementações para seu uso em situações específicas de atendimento como ocorrem no tratamento odontológico.

3 Embasamento Teórico

Nesta seção serão explicados os principais conceitos necessários para o entendimento sobre o tema, principalmente relacionados à transmissão do vírus e à abordagem da pandemia a nível comunitário.

Em pesquisas realizadas por Jayaweera et al. (2020) foi confirmado que o COVID-19 é transmitido principalmente entre pessoas por meio de gotículas respiratórias e rotas de contato. Essas rotas de contato:

“incluem transmissão direta, como tosse, espirro, transmissão por inalação de gotículas e transmissão por contato, como o contato com membranas mucosas orais, nasais e oculares. O 2019-nCoV também pode ser transmitido através da saliva e rotas fetais-orais também podem ser uma via de transmissão potencial entre de pessoa para pessoa.” (Peng et al., 2020)

Além disso, o SARS-CoV-2 consegue permanecer suspenso no ar por muitas horas, o que comprova o potencial de transmissão do vírus por aerossóis. Ele também pode permanecer infeccioso por um período de 2 horas a 9 dias numa superfície (Peng et al., 2020). No estudo realizado por Jayaweera et al. (2020) também foi registrado que as gotículas contendo o vírus podem viajar por até 8 metros durante um espirro e por mais de 2 metros durante uma tosse. Diante dessas informações, é possível compreender como ocorre a propagação do vírus e a dificuldade que existe em contê-lo, principalmente em interações de proximidade, como em atendimentos médicos.

Nesse sentido, os profissionais da odontologia estão ainda mais expostos ao vírus, uma vez que fazem parte de seus procedimentos a comunicação face-a-face com pacientes e a exposição frequente à saliva, sangue e outros fluidos corporais (Peng et al., 2020). Ainda, o atendimento odontológico envolve alta aplicação de aerossol e dispersão de gotículas misturadas com a saliva do paciente, o que pode fazer com que o vírus permaneça no ambiente por muito tempo. Fica nítido então a necessidade de cuidados maiores nos consultórios durante a

pandemia do COVID-19, principalmente ampliando o uso e a qualidade dos EPIs específicos para proteção efetiva dos profissionais de saúde.

Em relação à abordagem da pandemia a nível da comunidade, entendemos se tratar de ações voltadas para a autonomia e para busca de soluções emergentes para problemas socioeconômicos em cenários de disseminação da COVID-19 e de outras doenças (Bispo & Morais, 2020). Nesse contexto, para solucionar a falta de EPIs vindos das cadeias de suprimentos nacionais, a própria comunidade pode adquirir condições de produção de máscaras e equipamentos por meio de pequenas fábricas, como por exemplo FabLabs, escolas e espaços de inovação. Essas fábricas digitais são plataformas de prototipagem que tem como característica principal serem abertas e acessíveis à população. Equipadas com impressoras 3D e com outras ferramentas, elas podem viabilizar a produção de *shields* e máscaras customizadas e de baixo custo.

4 Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto é denominada *Design Science Research* (Van Aken, 2005), e consiste em um modelo de pesquisas efetivamente direcionadas ao projeto de artefatos que sustentem melhores soluções para problemas existentes (Lacerda et al., 2013). Trata-se de um conhecimento de caráter não descritivo-explicativo, mas prescritivo, ou seja, é mais pragmática, normativa e sintética, baseada em experimentações práticas, neste caso a concepção, desenvolvimento e aprimoramento de processos de prototipagem rápida por impressão 3d e corte a laser.

A primeira etapa desta metodologia é denominada Conscientização, que define e formaliza o problema a ser solucionado. Em seguida há a etapa de Desenvolvimento, que corresponde ao processo de constituição do artefato em si e sua submissão a condições de exigência de sua performance. O Desenvolvimento implica diversos ciclos de avaliação e aprimoramento do artefato até obter resultado relevante de seu estado funcional, tendo em vista o problema inicial. Finalmente, a etapa de Conclusão consiste na formalização geral do processo e sua comunicação às comunidades acadêmicas e profissionais (Ibid.).

Além disso, com a finalidade de obter mais informações sobre o tema, foram utilizadas ferramentas de busca online e procedimentos de entrevistas, que auxiliaram no detalhamento da pesquisa e na sua fidelidade com a realidade. Por isso, a metodologia incluiu também a revisão bibliográfica, visita a consultório odontológico, entrevista à profissional de saúde e levantamentos de protótipos de máscaras já existentes na internet. Por isso, foi realizado um mapeamento de modelos disponíveis para *download* gratuito, com o intuito de imprimi-los, testá-los e por fim compará-los de acordo com os parâmetros de proteção, conforto, encaixe, entre outros.

5 Resultados e Discussão

Nos artigos utilizados para revisões bibliográficas, vários apontamentos foram obtidos em relação à qualidade de cada modelo de *face shield*, ao material utilizado nas impressões e comparações realizadas entre os modelos. Nesta seção, serão registradas as informações que foram coletadas através de pesquisa em fontes científicas.

Segundo Wesemann et al (2020), o modelo EASY 3D (2021) é a opção mais viável para produção doméstica em pequena escala. Esta opção se mostrou a mais confortável e a que oferece maior espaço para equipamentos de proteção adicionais, como óculos e proteção lateral contra aerossol. Portanto, destacam-se as vantagens da EASY 3D (2021) comparada com outros modelos, principalmente para ser produzida localmente e para ser utilizada por profissionais da saúde, que necessitam de EPIs que ofereçam maior proteção e conforto. Apesar disso, esse modelo não cumpre a recomendação de extensão até a orelha, o que pode ser resolvido alterando o tamanho da folha de PET. Em sua pesquisa, Wesemann et al (2020) também comparou os modelos de face shield PRUSA (2021), BUDMEN (2021) e EASY 3D (2021), e apontou o modelo RC3 da Prusa como a melhor opção para produção em massa em ambientes não industriais.

Segundo a comunidade científica:

“O controle da proporção do elastômero termoplástico permite ajustar a flexibilidade e a elasticidade do material do modelo 3D para melhores máscaras ajustadas. A impressão por eletrofiação de fusão tridimensional também pode ser usada para criar microfibras PP com camadas sequenciais para obter com precisão uma forma 3D” (Ishack & Lipner, 2020, p.02)

“máscaras cirúrgicas e respiradores N95 são muito populares e onipresentes entre milhões de pessoas em todo o mundo como o PPE para COVID-19, mas as máscaras cirúrgicas não impedem a transmissão de aerossol, e respiradores N95 são reconhecidos por prevenir a transmissão de aerossóis e gotículas.” (Jayaweera et al. 2020)

“As máscaras FFP3 são as melhores na filtração de partículas e são recomendadas contra a contração do SARS-CoV-2. Com uma filtração mínima de 99% e máximo de 2% de vazamento para o interior, as máscaras FFP3 protegem o hospedeiro suscetível contra a contração da doença causada por partículas muito finas, como aerossóis carregados de vírus de uma pessoa infectada” (Jayaweera et al. 2020)

“Com a máscara cirúrgica usada, as gotas devem viajar até um ou dois assentos para frente e um assento para trás. (...) Com a máscara N95 usada, um paciente infectado derrama gotas para a frente e para trás em um assento e mais de um assento para aerossóis” (Jayaweera et al. 2020).

“Durante o teste de um aerossol de tosse de influenzaladen com diâmetro médio de volume (VMD) de 8,5 µm, o uso de protetor facial reduziu a exposição inalatória do trabalhador em 96% no período imediatamente após a tosse. O protetor facial também

reduziu a contaminação da superfície de um respirador em 97%” (Lindsley et al., 2014, p.01)

“No período de 1 a 30 minutos após uma tosse, durante o qual o aerossol se dispersou pela sala e as partículas maiores se assentaram, o protetor facial reduziu a inalação de aerossol em apenas 23%. Aumentar a distância entre o paciente e o trabalhador para 183 cm (72 polegadas) reduziu a exposição à gripe que ocorreu imediatamente após uma tosse em 92%. Nossos resultados mostram que os profissionais de saúde podem inalar partículas infecciosas transportadas pelo ar durante o tratamento de um paciente com tosse. As proteções faciais podem reduzir substancialmente a exposição de curto prazo dos profissionais de saúde a grandes partículas de aerossol infecciosas, mas as partículas menores podem permanecer no ar por mais tempo e fluir ao redor da proteção facial com mais facilidade para serem inaladas” (Lindsley et al., 2014, p.01)

“Os resultados também indicam que a exposição de longo prazo às partículas de aerossol de tosse foi, na verdade, um pouco maior quando o simulador de respiração estava mais longe do simulador de tosse do que quando estava mais perto (183 cm vs. 46 cm)” (Lindsley et al., 2014, p.07).

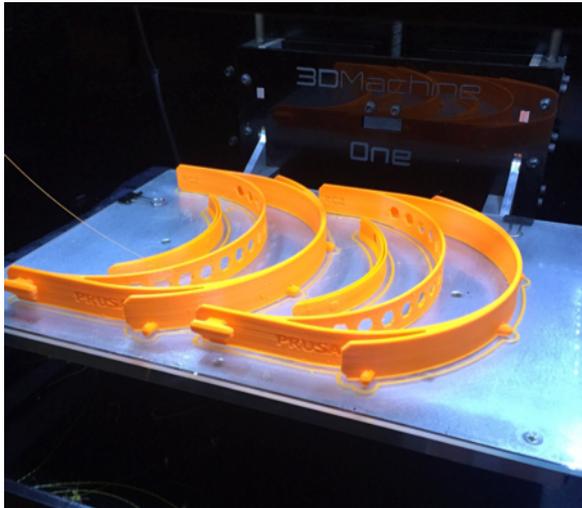
“Produzimos um design simples que limitou a exposição ao aerossol e respingos vindos da frente e de cima, que era resistente ao embaçamento e confortável o suficiente para ser usado o dia todo por profissionais de saúde em um ambiente clínico de alta intensidade” (Mostaghimi et al., 2020).

“Uma melhor experiência com a face shield PanFab em comparação com o modelo padrão do hospital” (Mostaghimi et al., 2020).

A partir das pesquisas realizadas na internet foi possível identificar os seguintes modelos de *face shields* e máscaras disponíveis para *download* gratuito:

- . PRUSA (2021)
- . EASY 3D (2021)
- . COOPER 3D (2021)
- . PANFAB (2021)
- . BUDMEN (2021)
- . NIH (2021)
- . OPENFACE PPE (2021)
- . PROTOHAVEN (2021)

Figura 01- Impressão 3D do modelo Prusa



Fonte: Produção própria

Figura 02- Profissional da saúde utilizando o shield Prusa 3D



Fonte: Produção própria

Dentre essas, foram impressas para estudo apenas os modelos PRUSA (2021), a COOPER 3D (2021), a PANFAB (2021), NIH (2021) e a BUDMEN (2021), com o objetivo de realizar testagens e análises comparativas. A primeira é uma *face shield*, e possui quatro versões: RC1, RC2, RC3 e RC4, sendo todas idealizadas para serem impressas no material PETG, um copoliéster derivado do PET (PRUSA, 2021). Já a segunda é uma máscara e tem sua estrutura feita do material PLACTIVE, um filamento termoplástico biodegradável de alta qualidade e que oferece proteção máxima contra o meio externo; é selada com um aro de MD Flex, um poliuretano termoplástico antimicrobial. (COOPER 3D, 2021). Sobre os modelos PANFAB (2021), NIH (2021) e BUDMEN (2021), são mais adequados serem impressos com o material PLA. Na tabela abaixo, os modelos são comparados em relação ao tempo de impressão, filamento necessário e o número de camadas, o que demonstra que a PANFAB (2021) é o modelo com a impressão mais rápida e que necessita de menor quantidade de filamento.

Tabela 01- Análise das características de impressão dos face shields

Modelo	Tempo de impressão	Filamento Necessário	Número de camadas
PRUSA	5h:11m:45s	30904 mm	67
COOPER 3D	5h:50m:49s	17205 mm	465
NIH	5h:37m:2s	18128 mm	209
BUDMEN	3h:27m:4s	9600 mm	68
PANFAB	8h:29m:44s	24935 mm	203

Fonte: produção própria

6 Conclusões

Os principais apontamentos derivados das análises são:

Os modelos de shields que foram baixados da internet apresentam um desenho bastante semelhante, excetuando o modelo COOPER 3D (2021) que não se configura como shield, mas como uma máscara aos moldes da N95.

Os modelos PRUSA (2021) possuem variáveis que incluem em alguns casos o fechamento superior, que é extremamente importante para situações de atendimento odontológico em que se fazem presentes muitos respingos derivados do uso dos aerossóis. Outros modelos de shields como BUDMEN (2021) e NIH (2021) também incluem o fechamento superior, sendo a primeira dotada de uma aba reta e um desenho que torna o processo de impressão mais rápido. Apesar disso, nenhum dos shields baixados apresentam solução para o uso de equipamentos complementares como lupas, óculos e luzes auxiliares, muito comuns em atendimentos odontológicos.

Por fim, através desta pesquisa foi possível compreender mais a fundo algumas das problemáticas enfrentadas durante a pandemia do Covid-19, principalmente pela perspectiva dos profissionais da saúde, que estão na linha de frente do combate ao vírus. Além disso, com a realização do levantamento de modelos de shields disponíveis online, é possível facilitar o acesso a esses links e assim aumentar a quantidade de pessoas produzindo EPIs em impressoras 3D para sua comunidade local. Apesar de não ter sido possível chegar em um protótipo ideal de máscara destinado às necessidades dos profissionais da odontologia, as análises e apontamentos adquiridos já encaminham a pesquisa para quais serão os parâmetros a serem considerados e quais modelos poderão servir de referência para a modelagem de um shield ideal. Portanto, o estudo fornece informações relevantes em relação à qualidade de cada máscara e à propagação do vírus, trazendo contribuições para toda comunidade, principalmente no momento atual de disseminação de desinformações sobre o controle da pandemia.

Referências Bibliográficas

BISPO, José Patrício & MORAIS, Marciglei Brito, Participação comunitária no enfrentamento da COVID-19: entre o utilitarismo e a justiça social. *Cadernos de Saúde Pública* [online]. v. 36, n. 8 [Acessado 16 Setembro 2021], e00151620. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00151620>>. ISSN 1678-4464.

.BUDMEN (2021) Budmen Face Shield. [online] Disponível em: <https://budmen.com/face-shield>. Acesso em 16 de ago 2021

COOPER3D (2021). #HackThePandemic. [online]. Disponível em: https://copper3d.com/hackthepandemic/#open_source. Acesso em 22 abr 2021

EASY 3D (2021) Easy 3D printed Face Shield by HanochH - Thingiverse [online] Disponível em: <https://www.thingiverse.com/thing:4233193> . Acesso em 16 de ago 2021

JAYAWEERA, Mahesh; PERERA, Hasini; GUNAWARDANA, Buddhika; MANATUNGE, Jagath, Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy, *Environmental Research*, Volume 188, 2020, 109819, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109819>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>

LACERDA, Daniel P.; DRESCH, Aline; PROENCA, Adriano; ANTUNES JUNIOR, José A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gest. Prod.** [online]. 2013, vol.20, n.4, pp.741-761. Epub Nov 26, 2013. ISSN 0104-530X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>.

LINDSLEY, WG; NOTI, JD; BLACHERE, FM; SZALAJDA, JV; BEEZHOLD, DH. Efficacy of face shields against cough aerosol droplets from a cough simulator. *J Occup Environ Hyg.* 2014;11(8):509-18. doi: 10.1080/15459624.2013.877591. PMID: 24467190; PMCID: PMC4734356.

MOSTAGHI, A.; ANTONINI, M. J.; PLANA, D.; ANDERSON, P. D., BELLER, B.; BOYER, E. W.; FANNIN, A.; FRAKE, J.; OAKLEY, R.; SINHA, M. S.; SMITH, L.; VAN, C.; YANG, H.; SORGER, P. K.; LEBOEUF, N. R., & YU, S. H. (2020). Rapid prototyping and clinical testing of a reusable face shield for health care workers responding to the COVID-19 pandemic. *medRxiv : the preprint server for health sciences*, 2020.04.11.20061960. <https://doi.org/10.1101/2020.04.11.20061960>.

NIH (2021) DtM-v3.1 Face Shield PPE, 3D printable headband NO LOGO [online] Disponível em: <https://3dprint.nih.gov/discover/3dpx-013359>. Acesso em 15 de set 2021

OPENFACE PPE (2021) Open Source Face Shield [online] Disponível em: <https://open-face-ppe.vercel.app> . Acesso em 16 de ago 2021

PANFAB (2021). BWH/PanFab Mk 1 Face Shield [online]. Disponível em: <https://www.panfab.org/bwh-panfab-face-shield> .Acesso em 22 de abr 2021

PENG, Xian; XU, Xin; LI, Yuqing, CHENG, Lei; ZHOU, Xuedong, e REN, Biao, Rotas de transmissão do 2019-nCoV e controles na prática odontológica, *International Journal of Oral Science* (2020)12:9 <https://doi.org/10.1038/s41368-020-0075-9>

PROTOHAVEN (2021) Proto Shield [online] Disponível em: <https://www.protohaven.org/proto-shield/>. Acesso em 16 de ago 2021

PRUSAPRINTERS.(2021) **Prusa Face Shield**. [online], Disponível em: <https://www.prusaprinters.org/prints/25857-prusa-face-shield>, Acesso em 01jun2020.

STEPHANIE, Ishack; SHARI, R. L. Applications of 3D Printing Technology to Address COVID-19–Related Supply Shortages. *The American Journal of Medicine*, 2020, ISSN 0002-9343, <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.04.002>.

VAN AKEN, J.E. Management Research as a Design Science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management. *British Journal of Management*, 2005, 16: 19-36. doi:10.1111/j.1467-8551.2005.00437.x

WESEMANN, Christian; PIERALLI, Stefano; FRETWURST, Tobias; NOLD, Julian; NELSON, Katja; SCHMELZEISEN, Rainer; HELLWIG, Elmar; SPIES, Benedikt. 3-D Printed Protective Equipment during COVID-19 Pandemic. *Materials*, 2020, Vol.13(8), p.1997.