REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA – PROJETOS
ISSN: 2178-1974
2023, Vol. 13, No. 26
DOI 10.23972/det2023iss26pp183-193

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Desenvolvimento de design de máscara como equipamento de proteção individual por meio de impressão 3D

Carlos M. C. Ramos[1]; Jorge R. Lopes[2]; Raquel B. Teixeira[3]

1 *Programa de Pós-Graduação COPPE/ICTIM-Maricá, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.*
2 *Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de. Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, Brasil.*
3 *Fundação de Suporte a Escola Técnica, Departamento de Desenho Técnico, Rio de Janeiro, Brasil.*

RESUMO

Esse projeto foi o resultado da pesquisa de pós-doutorado realizado para o desenvolvimento de EPIs e teve o objetivo de desenvolver um design inovador de máscara, auxiliado pela tecnologia de impressão 3D, que fosse capaz de proteger os seus usuários contra a infecção por vírus que é transmitida no ar por meio de aerossóis. O projeto foi motivado e desenvolvido com a intenção de auxiliar no combater a Covid-19, mas que seu uso fosse extensivo como opção às máscaras N95 e similares, já existentes no mercado, mesmo após a pandemia. Cujo principal objetivo do design fosse de que a máscara tivesse uma eficiência de vedação baseado numa máscara semifacial e que pudesse ser utilizada em conjunto com máscaras de tecidos antivirais como, por exemplo, máscara cirúrgica que possui sua capacidade de filtragem já testada e aprovada e, que seria o elemento filtrante da máscara. A máscara também tem o objetivo de ser reutilizável de forma que possa ser lavável para sua higienização, sendo apenas descartável o elemento filtrante de tecido. Dessa forma, o conjunto da máscara reutilizável com as máscaras de tecido descartáveis produz uma vedação na face do rosto e filtragem de aerossóis com maior eficiência e segurança, e assim, podendo ser utilizadas em ambientes hospitalares, que exijam o máximo de segurança contra vírus, pelo corpo médico e a pacientes. Além disso, ser extensivo seu uso a qualquer ambiente comercial e profissional, proporcionando segurança a funcionários e cliente. O projeto contou também em seu desenvolvido com a participação de uma equipe multidisciplinar de pesquisadores da Coppe/Inmetro/Química PUC-Rio no fornecimento de tecido antiviral impregnado de nanopartículas desenvolvidos para combater e eliminar os vírus que porventura venham contaminar o tecido do filtro da máscara e que foram utilizados nos testes de bancada para verificação da vedação.

PALAVRAS-CHAVE

Covid-19;
Impressão 3D;
EPI;
Máscara facial

Development of mask design as personal protective equipment through 3D printing

ABSTRACT

This project was the result of post-doctoral research carried out for the development of PPE and aimed to develop an innovative mask design, aided by 3D printing technology, which would be able to protect its users against infection by viruses that It is transmitted in the air by means of aerosols. The project was motivated and developed with the intention of helping to combat Covid-19, but that its use was extended as an option to N95 masks and similar ones, already on the market, even after the pandemic. The main objective of the design was that the mask had a sealing efficiency based on a semifacial mask and that it could be used in conjunction with antiviral fabric masks such as, for example, a surgical mask that has its filtering capacity already tested and approved and, which would be the filtering element of the mask. The mask is also intended to be reusable so that it can be washed for cleaning purposes, with only the fabric filtering element being disposable. In this way, the set of the reusable mask with the disposable fabric masks produces a seal on the face and filters aerosols with greater efficiency and safety, and thus, can be used in hospital environments, which require maximum security against viruses, by medical staff and patients. In addition, its use should be extended to any commercial and professional environment, providing security to employees and customers. The project also involved the participation of a multidisciplinary team of researchers from Coppe/Inmetro/Química PUC-Rio in the supply of antiviral fabric impregnated with nanoparticles designed to combat and eliminate viruses that may contaminate the mask's filter fabric. and which were used in the bench tests to verify the seal.

KEYWORDS

Covid-19;
3D printing;
PPE;
Face mask

CONTATO: Carlos M. C. Ramos – *carlos_mauricior@hotmail.com*

© 2023 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

O uso de máscaras como mecanismo essencial na redução da transmissão do SARS-CoV-2, com a transmissão do vírus por aerossol, deve ser reconhecido como um fator chave contra a propagação de doenças respiratórias infecciosas. Devido ao seu tamanho menor, os aerossóis podem agravar o contágio da COVID-19, pois os aerossóis contendo vírus penetram facilmente nos pulmões. Dessa forma, é essencial que medidas de controle sejam introduzidas para reduzir a transmissão do aerossol, incluindo uso de máscaras, segundo PRATHER (2020) em pesquisa publicada na Revista Science.

Outro estudo recente da Universidade de Cambridge publicado na revista The Royal Society concluiu que o uso massivo de máscaras pode impedir ou minimizar as ondas de contaminação da covid-19. (STUTT et al, 2020)

Contudo, pelo maior índice de proteção há uma procura mundial pelas máscaras de como as N95, N99 e KN95, ocasionando a escassez desses produtos. (OPAS NOTÍCIAS, 08/04/2020) Da mesma forma, devido a maior capacidade de vedação e consequentemente maior eficiência contra os vírus, vários países da Europa passaram a exigir máscaras tipo PFF2 e/ou N95. (BBC News, 28/01/2021) Portanto, os projetos que venham servir como opção a esses tipos de máscaras com a mesma eficiência, serão úteis.

Para que uma máscara possa ser usada em substituição a N95 ou PFF2 deve ter as mesmas características em suas eficiências de vedação no rosto e alta capacidade de filtragem. Dessa forma, foi proposto um projeto para o Desenvolvimento e Produção de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) para uso em geral e também para profissionais de saúde.

Dessa forma, o design da máscara se baseou na forma de vedação no rosto das máscaras semifaciais, que já existem no mercado e são comprovadamente eficientes por terem um design que se molda facilmente a face em rosto com variação de formato, exemplo, visto na Figura 1a.

Além disso, a máscara foi idealizada para ser utilizada em conjunto com máscaras de tecido que agiriam como o elemento filtrante. A intenção era utilizar um elemento filtrante que tivesse sua capacidade de filtragem comprovada por órgãos de certificação, como por exemplo, nas máscaras cirúrgicas, que possuem uma camada de filtro, resistentes à penetração de fluidos transportados pelo ar, vista na Figura 1b Em especial, as máscaras cirúrgicas feitas com duas camadas de tecido TNT e uma camada entre elas de meltblown que impede a passagem de micro-organismos.

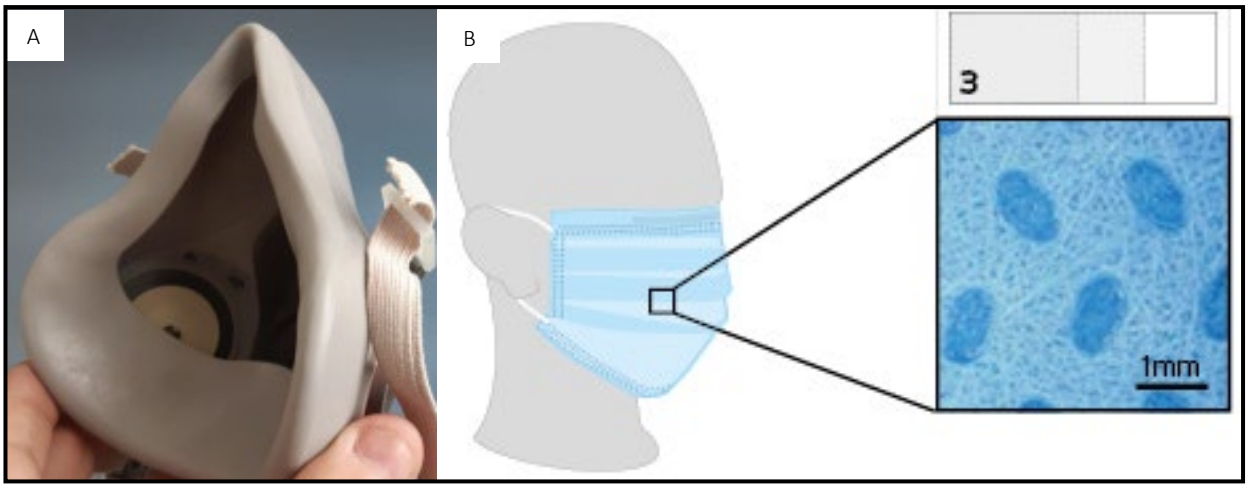


Figura 1 Máscara Semifacial 3M (a); Máscara cirúrgica (b).

As conclusões de um estudo do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) publicado recentemente no periódico (Aerosol Science and Technology) corroboram com a escolha das máscaras cirúrgicas. Foram testadas a eficiência aerossóis no ar.

Vantagens do uso das máscaras de encaixe:

- Pode ser reutilizada e é lavável;
- Utiliza tecido ou máscara de tecido como elemento filtrante
- Fácil utilização e manuseio do encaixe.

2. JUSTIFICATIVA

O contágio pelo vírus da Covid-19 pode ocorrer por várias falhas nas máscaras e potencializado pela manipulação excessiva no uso. As máscaras devem ser usadas, contudo são parte de uma estratégia mais abrangente, considerando que só o acessório não protege do vírus. As pessoas também as máscaras se tornaram obrigatórias em diferentes momentos nas regiões alemãs, foi possível comparar o aumento de infecções em regiões com máscaras e regiões sem máscaras. Concluiu-se que vinte dias depois de máscaras faciais se tornarem obrigatórias houve redução no número de novas infecções em cerca de 45 por cento. Como os custos econômicos são próximos de zero em comparação com outras de 227 modelos encontrados em lojas e farmácias do Brasil e a pesquisa chegou à conclusão que as máscaras cirúrgicas possuem em média 89% de eficácia de filtragem de partículas fluidas em devem limpar as mãos com frequência e manter uma distância de pelo menos um metro umas das outras, segundo orientações da OMS.

Corroborando com as recomendações, um estudo encomendado pela OMS publicado na revista The Lancet concluiu que para o público em geral, as evidências mostram que o distanciamento físico superior a um (1) metro é altamente eficaz e que as máscaras faciais, cirúrgica ou de algodão de múltiplas camadas, melhoram a proteção. (CHU et al, 2020)

Na Alemanha, um estudo avaliou a eficácia das máscaras faciais, como medidas de saúde pública, as máscaras parecem ser um meio custo-efetivo de combater o COVID-19. (MITZE et al, 2020)

3. MÉTODOS E DESENVOLVIMENTO DO DESIGN

A inovação do projeto se dá por ser uma máscara que possui as qualidades de vedação de uma máscara de borracha, podendo ser utilizada em conjunto com máscaras de tecido, mas também pela forma de fixação e travamento do tecido

utilizado como elemento filtrante que se dá por uma estrutura rígida, que se encaixa pela parte externa da máscara.

O design da máscara, portanto, possui duas partes:

- Uma parte que fica em contato com a face e que promove a vedação com o rosto;
- A outra parte se encaixa por fora e por meio de compressão e atrito (com a parte em contato com o rosto) travando o tecido de forma que ele fique tracionado e travado entre as duas partes da máscara, conforme visto nas Figuras 2 e 3.

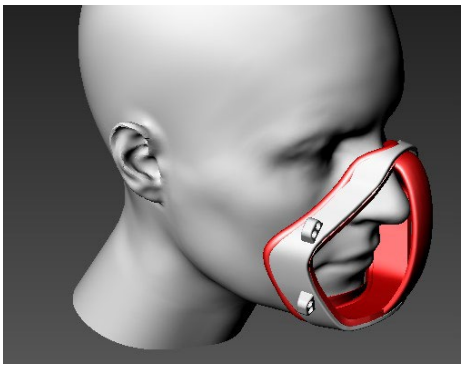


Figura 2 Máscara montada no rosto.

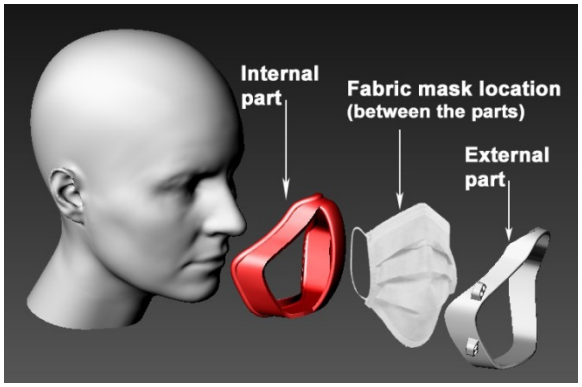


Figura 3 Vista explodida da máscara.

Essa característica de encaixe entre as estruturas possibilita desmontagem da máscara para o descarte do tecido e que também possibilita a higienização das duas partes da máscara.

O material da parte que fica em contato com a face deve ser moldável ao rosto para evitar o vazamento de ar, entende-se com isso que deva ser produzida com material flexível, confortável e antialérgico.

Foram desenvolvidas duas versões para estruturas, cuja diferença reside apenas no design da parte frontal da máscara, contudo os estudos para o design da parte da máscara que fica em contato com o rosto se basearam em alguns estudos e também em referências de projetos de máscaras semifaciais que possuem certificação e garantia da eficácia de vedação.

3.1 Métodos

Para o desenvolvimento do design foram utilizadas contribuições científicas de natureza teórica, no intuito de obtenção de informação a respeito das dimensões e do formato do rosto e posteriormente foram utilizadas informações de natureza aplicada para se conhecer projetos existentes que possuem design definido quanto ao uso de mecanismos de vedação de máscara em relação a face do rosto.

A partir das informações científicas teóricas e aplicadas, de natureza prática foram concebidas duas versões de design desenvolvidas em software de modelagem virtual Rhinoceros que serviu de base para análises preliminares e para proporcionar a impressão 3D dos modelos físicos da máscara, visando à realização de testes com alguns usuários participantes do projeto, dentro de uma abordagem qualitativa para obtenção de informações de aspectos ergonômicos para a definição da forma final da máscara.

Segundo Koehler (2014), que desenvolveu um conceito de vedação facial (FS) para um respirador de peça facial com filtro (FFR). Isto é com base na análise anatômica facial relevante para as áreas de contato do respirador que permitem a vedação facial vazamento para dentro.

O novo respirador foi avaliado em um estudo piloto por meio de um teste de ajuste quantitativo, seguido por uma medição do Fator de Proteção do Local de Trabalho Simulado realizada em uma operação, onde a fumaça do eletrocautério foi gerada usando instrumentos cirúrgicos padrão. O efeito de ajuste foi atribuído principalmente à geometria.

Os resultados deste estudo sugerem que o design oferece um avanço considerável na proteção de usuários contra aerossóis perigos, particularmente contra fumaça cirúrgica em salas de operação (Figura 4).

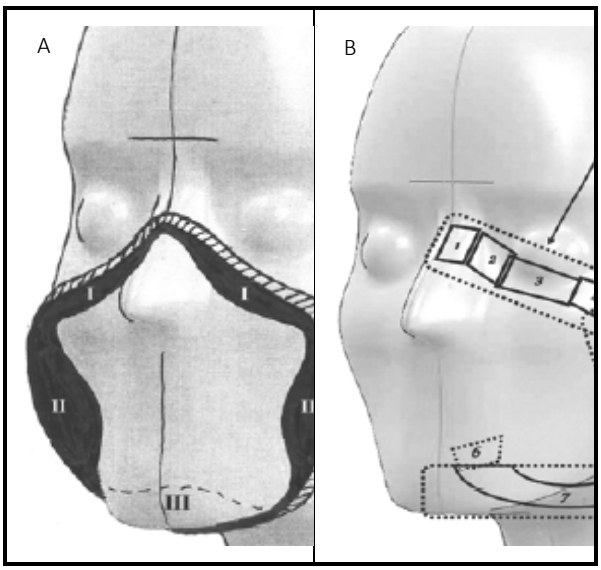


Figura 4 Modelagem para máscara facial (a); Zonas anatômicas faciais I-III, com estruturas anatômicas 1-7 (esquemas) (b), Koehler, 2014.

O conforto e o ajuste do usuário são dois outros indicadores importantes do desempenho dos PFF. O Conforto refere-se tanto ao conforto de o rosto do usuário e o conforto do processo respiratório. O Ajuste refere-se ao grau de ajuste entre o rosto do usuário e a borda do PFF. Está principalmente relacionado ao tamanho do rosto do usuário, material do respirador, tensão da tira, formato da borda e tamanho do respirador. Devido à variação de tamanho e forma, um respirador pode não combinar com o rosto humano. Se o respirador e rosto não se encaixam corretamente, o sistema pode não ser eficaz no bloqueio de contaminados ar. (CAI, 2017)

Para o design da máscara foi utilizada a tabela de medidas faciais com as especificações técnicas e ergonômicas da ISO 16976-2. A tabela da ISO possui o espectro de cinco tipos de faces, conforme visto nas Figuras 5 e 6, que devem ser contempladas para se desenvolver uma vedação eficaz atendendo o maior número de rostos da população.

Apesar das medidas da ISO possuírem no espectro das cinco opções tamanho de rostos diferentes, foi previsto

também no projeto que a máscara teria uma gradação para atender ao maior número de pessoas e conforme IIda (2016) existem três percentis (5%, 50% e 95%) que devem ser a base para se alcançar uma abrangência maior da população do menor tamanho de pessoa ao maior, nesse caso em ralação ao rosto.. Dessa forma, foi estabelecido que a máscara terá tamanhos (pequeno, médio e grande) referentes aos percentis.

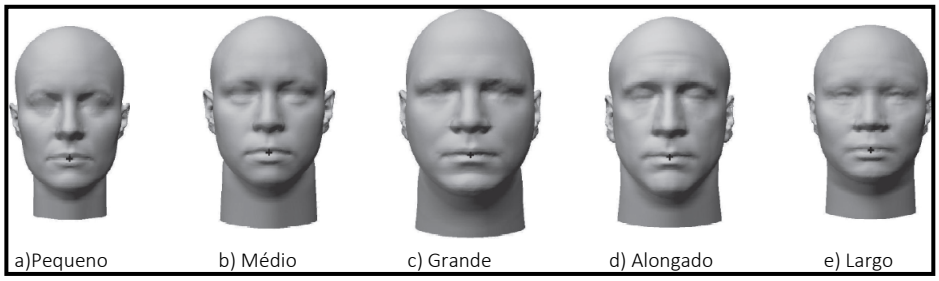


Figura 5 Cinco tipos de modelos de cabeças - ISO/TS 16976-2:2015(E).

	Pequena	Curta / Larga	Média	Longa / Estreita	Grande	Imagem de referência
LARGURA FRONTAL MÍNIMA	98	106	104	103	110	
LARGURA DA FACE	128	141	140	140	151	
LARGURA BIGONIAL	101	118	115	113	131	
COMPRIMENTO MENTON-SELLION	110	112	119	127	127	
DISTÂNCIA INTERPUPILAR	59	65	64	63	68	
LARGURA DA CABEÇA	142	149	150	151	158	
PROTRUSÃO DO NARIZ	19	17	20	23	21	
LARGURA DO NARIZ	32	39	36	35	41	
LARGURA DA RAIZ NASAL	15	17	16	15	18	
COMPRIMENTO SUB-NASAL-SELLION	47	44	50	56	52	

*dimensões em milímetros

Figura 6 Dimensões dos cinco tipos de modelos de cabeças - ISO/TS 16976-2:2015(E).

Para se conseguir uma gradação de tamanhos das estruturas para garantir um espectro maior de usuários com tamanhos das faces diferentes, foi necessário uma avaliação de normas específicas como a ISO, estudos antomométricos e aspectos ergonômicos para se chegar a conclusão de um tamanho médio de máscara e também da gradação de tamanhos que será necessário para garantir a vedação em tamanhos de rostos diferentes. Analisando as características do design e tipo filtragem da máscara com estruturas e material antiviral, para efeitos de classificação normativa serão necessário ensaios e testes para constatar quais os níveis de vedação e filtragem contra partículas e aerossóis

3.2 Desenvolvimento do Design

Os cinco manequins da ISO (Figura 5) possuem exemplos virtuais 3D (Figura 7) e facilitam a verificação da vedação no momento do projeto virtual da máscara e se está continua em todo o perímetro de contato com o rosto. A partir das análises e testes para a verificação da vedação

em todos os cincos modelos virtuais da ISSO, foi dado prosseguimento ao design proposto, que era de uma máscara por encaixe de duas partes. Além disso, o auxilio no design dos modelos virtuais da ISSO foram possibilitou realizar várias mudanças antes da impressão 3D, evitando o desperdício de gastos de tempo e material.

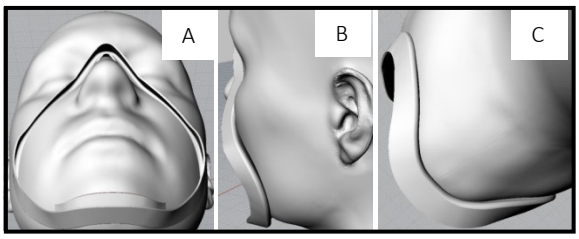


Figura 7 Encaixe da membrana nas faces dos manequins na parte fronta (a)l, lateral (b) e do queixo (c).

Em relação às medidas da máscara foi utilizado como parâmetro o modelo tamanho médio da ISO, sendo as medidas de largura e altura utilizadas, conforme Figura 8.

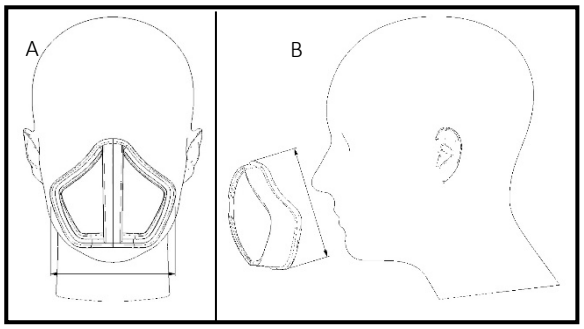


Figura 8 Medidas em mm: largura (a) e Altura (nariz-queixo) (b).

Para ser atendido uma maior variedade de tamanhos de rostos foi pensado uma variação de três tamanhos, (P, M, G) (Figura 9) seguindo a variação de tamanho (nariz-queijo) da norma ISO e dos fabricantes de máscaras semifaciais (que serviram de base ergonômica para o projeto) variando-se 5 mm para mais no tamanho G e 5 mm a menos no tamanho P, sendo as demais medidas proporcionais a altura.

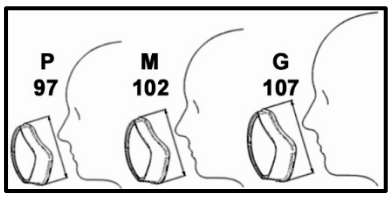


Figura 9 Medidas em mm (nariz-queixo) Tam. P, M, G.

Foram desenvolvidos dois modelos no software Rhinoceros, cuja parte em contato com o rosto possuem as mesmas medidas, mudando apenas o design da parte frontal e o encaixe na parte externa, mas em ambas as características de vedação são idênticas. A variação de design foi pensada para a definição de qual forma seria mais apropriada aos usuários e também para utilizar materiais diferentes para verificar o comportamento deles aplicados a máscara.

Um design a parte frontal possui uma haste vertical para estruturar a parte interna da máscara, vista na Figura 10a, e o outro design com uma estrutura vazada, vista na Figura 10b.

As máscaras com estruturas (Figuras 10a e 10b) foram concebidas para serem usadas com máscaras cirúrgicas e permitem que o tecido das máscaras caseiras mantenha distância do rosto aumentando a área de ventilação para respiração promovendo maior conforto e, por terem o formato do rosto, aumentam a vedação.

Para aumentar a segurança e a vedação foi incluída no design uma membrana interna faceando todo o contorno da armação em contato com a face, de forma que a vedação não seja alterada pelas variações de perfis de rostos.

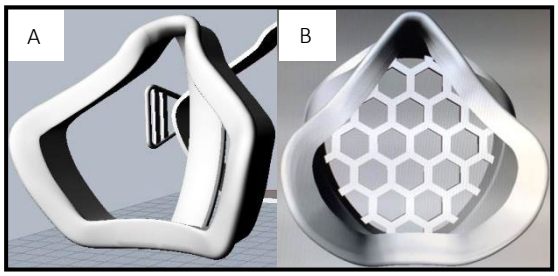


Figura 10 Modelo de máscara com haste vertical na frente (a); Modelo com estrutura vazada com exágonos (b).

Essas membranas são utilizadas em modelos de respiradores difundidos e comercializados há muitos anos como forma de facilitar a vedação mesmo com variações de tamanhos e formatos de rostos. Esse modelo, com maior eficiência de vedação, foi desenvolvido para ser utilizado com tecido antiviral com nano partículas que atacam o vírus que provoca a Covid-19 e, dessa forma, ter sua eficácia potencializada.

O tecido antiviral foi desenvolvido pela PUC-Rio, Coppe e Inmetro. (https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/planeta-coppe-noticias/noticias/inmetro-coppe/ufrj-e-ctc/puc-rio-desenvolvem-tecido-antiviral-para)

4. IMPRESSÃO 3D DOS PROTÓTIPOS

Os protótipos das máscaras foram confeccionados por dois tipos de tecnologias de impressão 3D para se conhecer os comportamentos que os diferentes materiais proporcionam no uso das máscaras. Para facilitar a identificação de cada um, cada versão será nomeada como versão A e versão B.

A versão A, com estruturas vazadas (Figura 10b), foi produzida pelo processo de impressão 3D por meio da tecnologia de manufatura aditiva FDM (Fusão e deposição de material) na qual a parte interna da máscara foi construída com filamento de TPE (*thermoplastic elastomer*) fundido, com Shore (medição de grau de dureza) número 92, que imprime as máscaras tanto com elasticidade quanto resistência, conforme Figura 11.

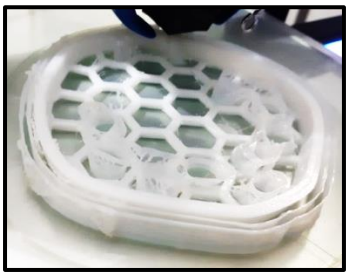


Figura 11 Início da impressão 3D da parte externa da versão A na tecnologia FDM em material TPE Shore 92.

A parte externa por produzida também pela tecnologia FDM, mas com filamento de PLA (*thermoplastic polylactic acid*), que imprime peças com maior resistência mecânica, conforme Figura 12.



Figura 12 Parte externa da versão A impressa na tecnologia FDM em TPE.

Na configuração da impressão desse modelo de máscara foi incluído um suporte tipo árvore no programa Cura (Figura 13) para melhorar o processo de impressão das membranas que são mais finas e possuem grande variação de angulação.

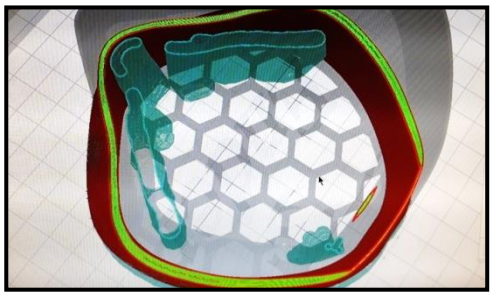


Figura 13 Imagem de uma seção de camada do processo de fatiamento de impressão 3D feito no programa Cura da versão A.

A versão B que tem uma haste na parte frontal, a parte interna da máscara foi produzida pela tecnologia SLS que solidifica um pó de elastômero por meio de um feixe de laser gerando a máscara, conforme Figura 14.



Figura 14 Parte interna da versão B impressa em pó de elastômero na tecnologia SLS.

Para a produção da parte externa foi utilizado o material PA 12 (nylon) que é mais rígido e imprimi peças mais resistentes à tração, conforme Figura 15.

Em ambas as versões a parte externa sofre tração pelos elásticos, que fixam a máscara na cabeça e, são produzidas em material mais rígido para não sofrer variação na forma e não permitir brechas entre as parte e a entrada de ar contaminado.

Na parte interior da máscara foi utilizado material flexível, pois nessa parte há necessidade de vedação e o material flexível se molda melhor ao rosto aumentando a vedação, além disso, nessa parte que fica em contato com o rosto, o material flexível é o mais apropriado porque proporciona maior conforto no uso.



Figura 15 Parte externa da versão B impressa na tecnologia SLS em pó de náilon.

A seguir, estão apresentados os resultados da impressão 3D das duas versões das Máscaras, versão com haste vertical na parte frontal, conforme Figura 16a e a versão com estrutura frontal vazada, conforme Figura 16b.

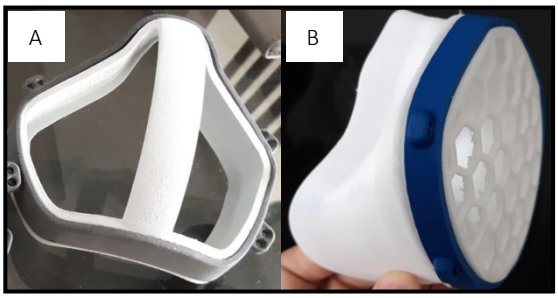


Figura 16 Máscara versão B (parte interior flexível em TPE branco e parte exterior rígida em PLA azul (a) e máscara versão B (parte interna ceiza claro em pó de elastômero e parte externa cisza escuro em pó de nailon.

5. AFERIÇÃO DA VEDAÇÃO

Após as verificações de vedação nos modelos virtuais 3D da ISO foram realizadas as aferições físicas de vedação e acoplamento da máscara com os rostos impressos em 3ª dos manequins da norma ISO 16976-2:2015, nos tamanhos de rostos P (Figura 17), M (Figura 18), G. (Figura 19) e Largo (Figura 20).

Em uma primeira aferição foi realizada uma verificação visual para se constatar a vedação entre a máscara e os rostos dos manequins, para posteriormente serem realizadas aferições por meio de instrumentos e processos normatizados.

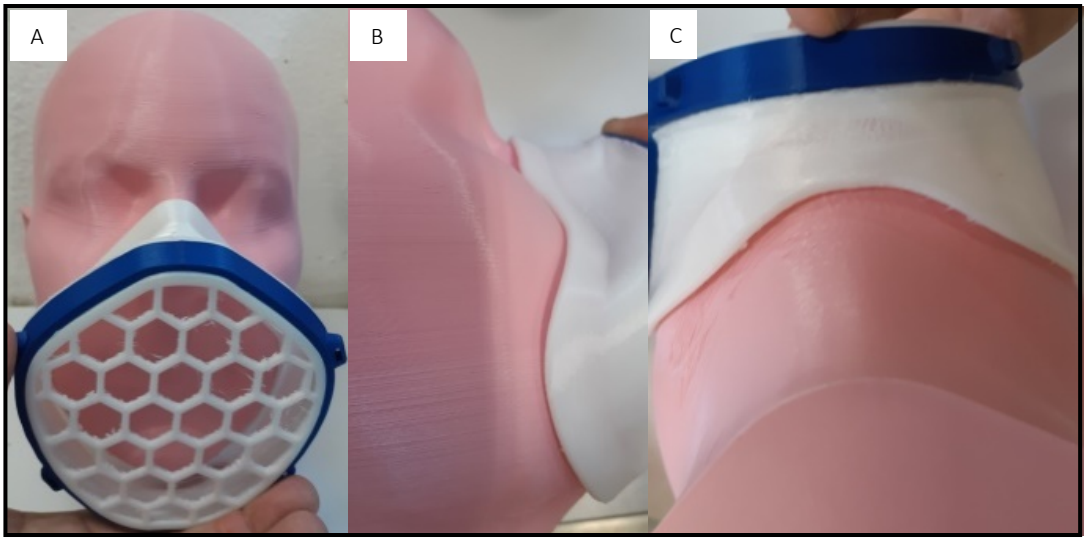


Figura 17 Aferição de vedação no manequim tamanho de rosto P da ISO 16976-2:2015, vista frontal (a), lateral (b), queixo (c).

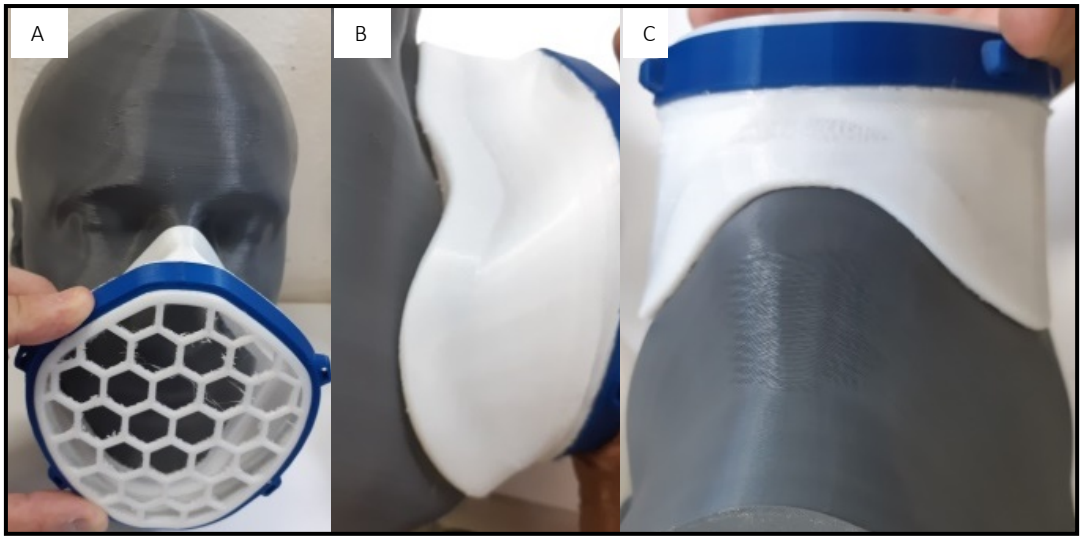


Figura 18 Verificação de vedação no manequim tamanho de rosto M da ISO 16976-2:2015, vista frontal (a), lateral (b), queixo (c).

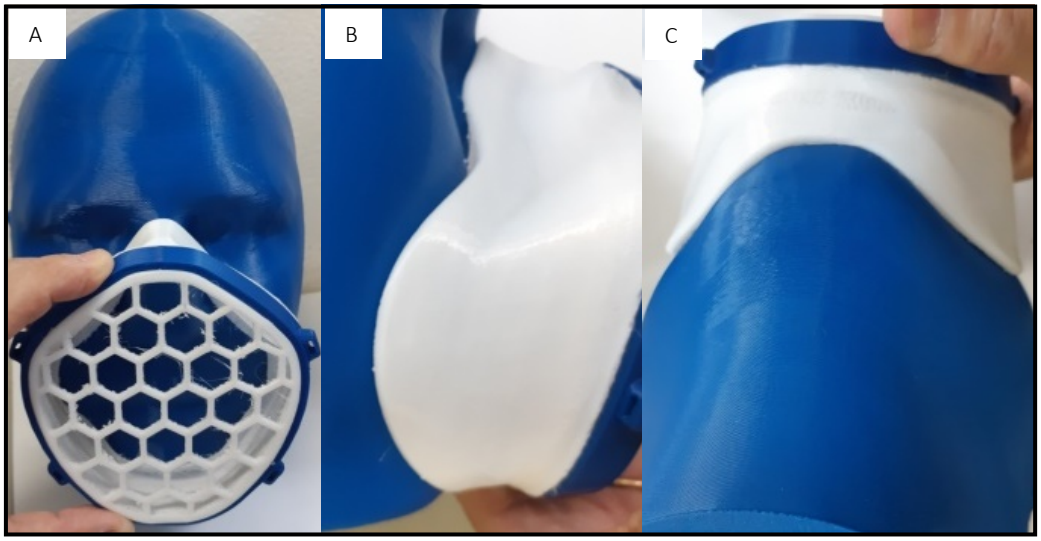


Figura 19 Verificação de vedação no manequim tamanho de rosto G da ISO 16976-2:2015, vista frontal (a), lateral (b), queixo (c).

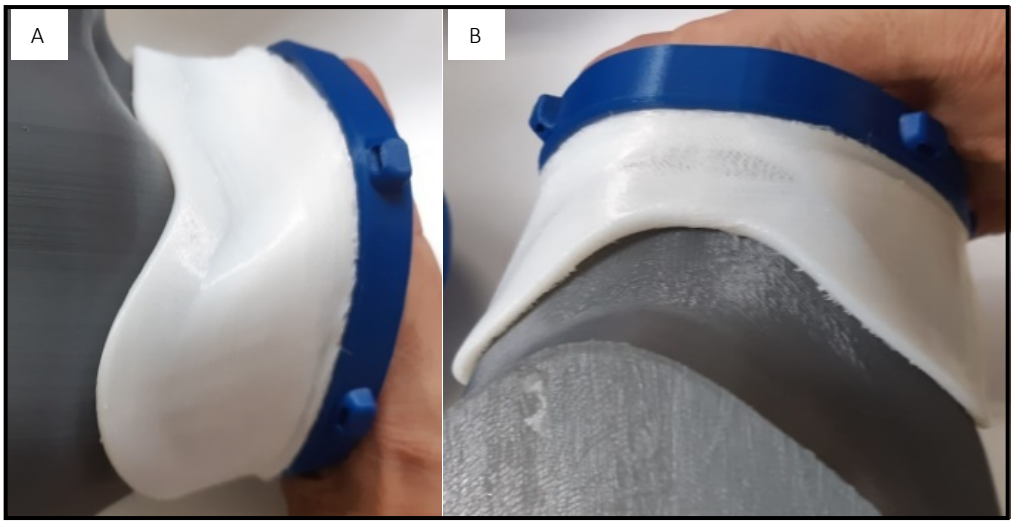


Figura 20 Verificação de vedação no manequim tamanho de rosto Largo da ISO 16976-2:2015, vista lateral (a), queixo (b).

Além dos testes de verificação visual e de uso foram realizados testes preliminares de fluxo e volume de ar para verificação preliminar da vedação em manequins da ISO 16976-2:2015. Foram realizadas adaptações nos manequins de todos os tamanhos para o acoplamento dos aparelhos de ventilação (Figura 21), conforme as normas vigentes específicas nas quais a máscara a ser testada se enquadra. (Figura 22)



Figura 21 Adaptação de furação para testes preliminares de ventilação no manequim tamanho G da 16976-2:2015.

Peça semifacial filtrante para partículas		
Ensaios	**Metodologia**	**Ensaio Acreditado pela Cgcre?**
Resistência a Respiração	ABNT NBR 13698:2011 – Item 5.7	Sim
Penetração através do filtro @ NaCl	ABNT NBR 13698:2011 – Item 5.8	Sim

Figura 22 Tipos de testes para verificação da vedação a serem realizados baseados nas normas na qual a máscara se enquadra, fornecidos pela empresa certificadora: Falção Bauer, 2021.

Não foram detectados vazamentos nos testes preliminares seguindo os padrões de testes de pressão e volume de ar com manequim ISO (Figura 23), fornecidos pela empresa certificadora, conforme a literatura técnica. (Figura 24)

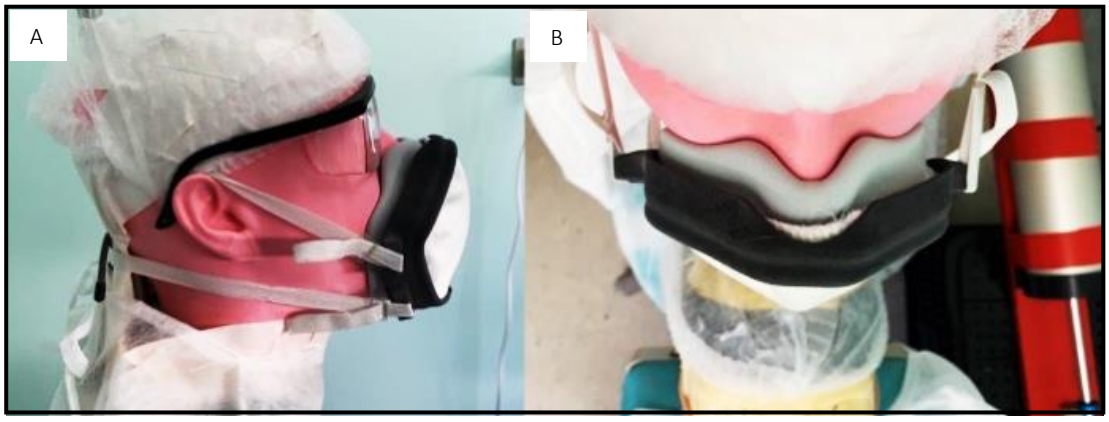


Figura 23 Testes preliminares realizados em manequim tamanho P da ISO 16976-2:2015 com os acoplamentos dos aparelhos para os testes de pressão e volume de ar, vista lateral (a), vista superior (b).

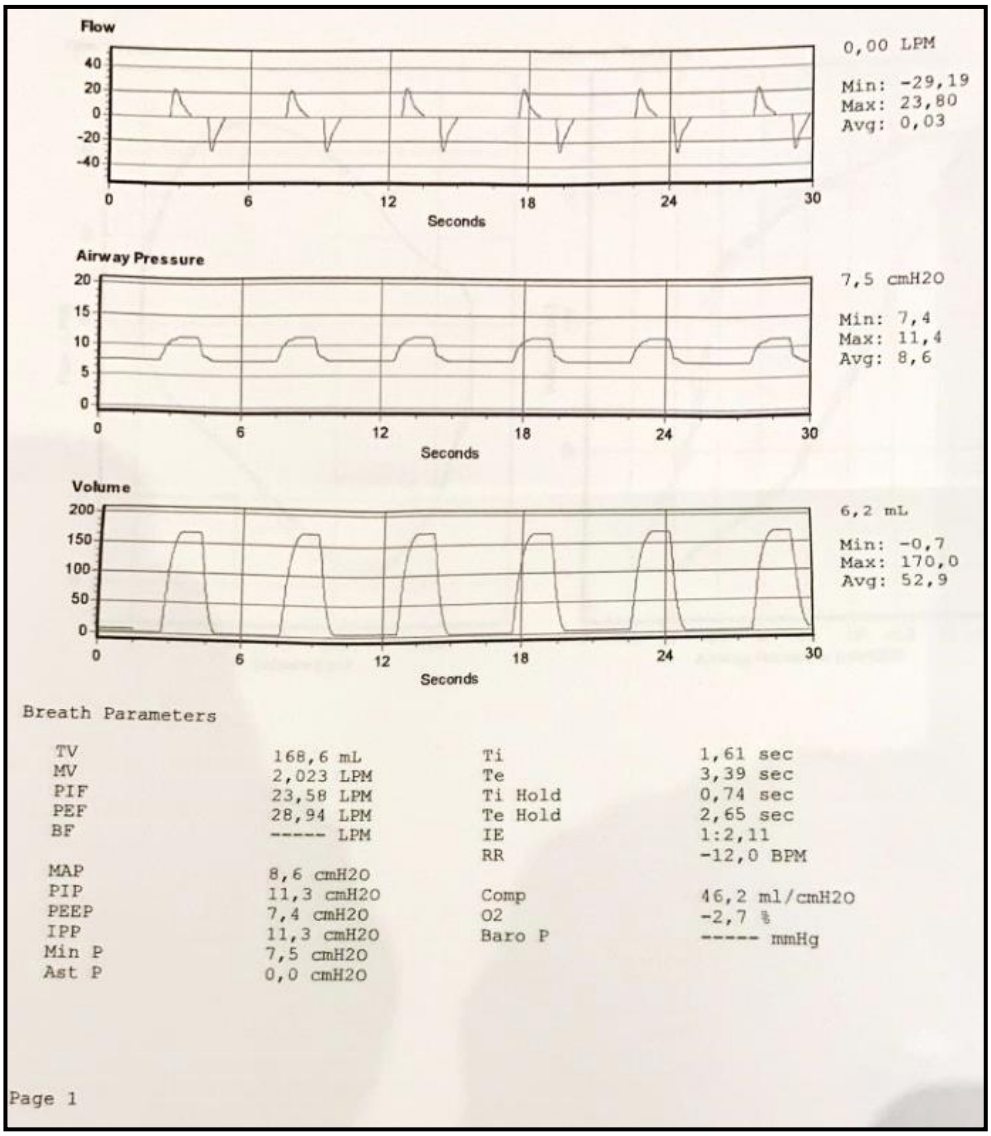


Figura 24 Parâmetros de pressão e volume de ar a serem testados para aferição da vedação.

Vale explicar que a Peças Faciais Filtrantes (PFF1, PFF2 ou PFF3) são os respiradores sem manutenção e são considerados descartáveis. Neste caso, a própria peça facial é o elemento filtrante. Deve ser trocado sempre que houver passado da sua validade, rasgado, perfurado ou sujo.

Nas máscaras classificadas como PFF todo o corpo da máscara é o elemento um filtrante e por isso deve totalmente descartável após o uso, diferentemente, por exemplo, dos respiradores com filtros que possuem o corpo da máscara de material não filtrante, plástico ou borracha, sendo os filtros elementos externos acoplados e descartáveis e seguem a NBR 13697.

Segundo o Laboratório Falcão Bauer a NBR 13698 é a indicada para ensaio de verificação e classificação PFF equivalente a N95. Eles também estão aparelhados para realizar testes para aferir a retenção de particular conforme a NBR 13697 para filtros particulados.

5.1 Verificação de vedação e acoplamento com usuários

O projeto de produção da máscara envolveu onze participantes e profissionais de algumas áreas que de fora espontânea se prontificaram a testar a máscara. Foram acrescentados mais dois jovens com idade entre 16 anos com o intuito apenas de gerar críticas quanto ao design da máscara.

A intenção dessa verificação foi de criar parâmetros de análise e critica quanto à vedação da máscara ao rosto e se havia algum desconforto evidente.

Os testes em relação à vedação foram realizados com os usuários forçando a respiração por alguns segundos e o conforto foi realizado com o uso por 30 minutos. Os participantes das verificações estavam distribuídos conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 Participantes do projeto que se prontificaram a participar dos testes divididos por profissão e sexo.

Profissionais	Homem	Mulher
Médicos	1	1
Designers	4	2
Fisioterapeutas	1	1
Especialista em Ergonomia	0	1
Estudantes (16 anos)	1	1

Esses testes foram preliminares e com intuito de se obter o melhor design da máscara pela observação e análises de aspectos ergonômicos e foram realizados pelos profissionais

integrantes do projeto. Os testes geraram muitas críticas construtivas para o aprimoramento do projeto para o desenvolvimento de um novo modelo que atenda as necessidades de vedação em faces de diferentes tamanhos e formatos.

Todos os usuários que testaram as máscaras de membrana citaram dificuldade de movimentação do queixo durante a fala e desconforto com a parte que fica em contato com o rosto ser mais rígida da versão (B) com a haste horizontal na parte frontal (Figura 25b), devido à borracha ser menos maleável e mais abrasiva que a versão em borracha TPE (A), que é mais maleável e tem uma superfície mais lisa (Figura 25a). A conclusão, pelos críticos em geral, foi que o design estava correto para todos os usuários e que o material da máscara teria que ser bem maleável para não causar desconforto com o uso. Assim, os materiais recomendados seriam o silicone e o TPE, pois são menos abrasivos e muito maleáveis e são os mesmos materiais utilizados em máscaras que estão disponíveis e são comercializadas no mercado.

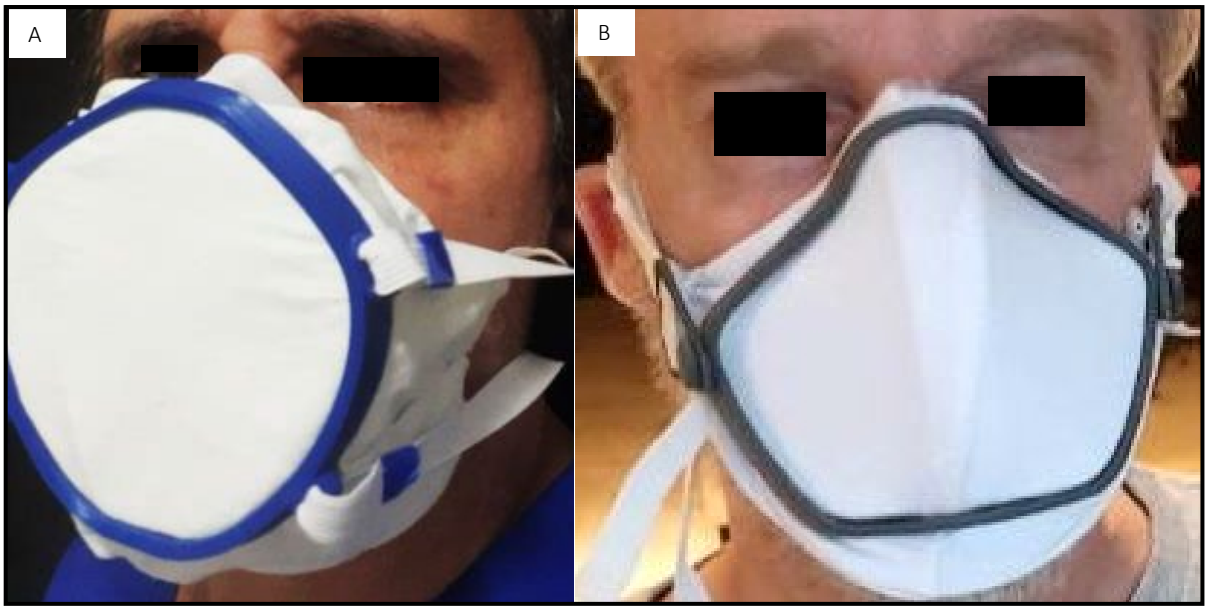


Figura 25 Máscara de TPE versão A (a); Máscara de elastômero versão B (b).

6. RESULTADOS

Em relação aos designs das duas versões não houve nenhuma objeção quanto ao conforto, até porque a parte que se molda ao rosto é idêntica. Contudo, houve uma preferência no design da máscara com a haste vertical e que esta deveria ser produzida no material TPE (ou similar como o silicone) que foi o material escolhido por todos como mais apropriado para a confecção da máscara, isso porque foi identificado como um material mais maleável e que produz uma superfície mais lisa e consequentemente, mais confortável ao uso.

Dessa forma, o objetivo com o projeto foi alcançado que era de desenvolver uma máscara para um público-alvo de profissionais, que devida a natureza do seu trabalho, independente da pandemia de covid-19 ou não, estão em constante contato com as pessoas e necessitem usar máscara facial para sua proteção.

Os profissionais que podem se beneficiar da máscara são os da área médica (médicos, enfermeiros, atendentes) e profissionais da área do comércio em geral (supermercados, shopping centres, bancos, consultórios, lojas etc).

Baseado nas pesquisas com os profissionais do projeto o melhor design da máscara foi a da versão (B), que possui uma haste vertical na parte frontal, sendo que agora feita com o material TPE (ou similar como silicone) que foi utilizado na versão (A), conforme visto na Figura 26.

Cabe ressaltar a inestimável importância da impressão 3D dos modelos das máscaras. A impressão 3D proporcionou q confecção rápida dos modelos físicos que proporcionaram as diversas análises ergonômicas e do design, facilitando as tomadas de decisão.

Além disso, facilitou a confecção de novos protótipos a partir de novos designs que foram baseados nas alterações sugeridas nos testes.



Figura 26 Design escolhido da máscara para ser produzid com material TPE ou silicone, recoberta com máscara de tecido entre as partes (a), somente as partes (b).

Os próximos passos deverão ser a produção de protótipos com configuração de design e material, conforme acima descrito, para realização de testes por empresas certificadoras com o objetivo de aferir o nível de segurança em relação à vedação por processos previstos nas normas pertinentes e testes para verificação da integridade física e mecânica da estrutura da máscara e dos materiais utilizados, que devem estar em conformidade com as normas.

As definições dos aspectos normativos e legais, supracitados, serão juntadas ao processo de desenvolvimento, com vistas à viabilização da produção e comercialização, para que os benefícios gerados pela máscara sejam usufruídos, não só pela área de saúde, mas também por toda comunidade no combate as doenças contagiosas disseminadas por partículas em aerossol. Principalmente à Covid-19 e a Influenza A, cujos vírus estão em circulação em nossa sociedade causando tanto mal a saúde das pessoas e também afetando o cotidiano e a qualidade de vida em todos os sentidos.

Com o projeto produtivo e as autorizações normativas concretizadas, a máscara poderá vir a ser apresentada para empresas interessadas em sua produção e comercialização. Não obstante, o projeto pode evoluir com desenvolvimento e utilização de novos materiais e com outras características para atender novas aplicações de demandas em ambientes e a grupos de usurários específicos.

AGRADECIMENTOS

Esse projeto da máscara foi fruto de um pós-doutorado relativo a um projeto financiado pela CAPES (Higher Education Personnel Improvement Coordination) pelo Programa de Combate a Pandemia com duração de dose (12) meses e que não houve prorrogação ou renovação. Contudo, uma solicitação de continuidade do projeto foi submetida à FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro) que entendeu ser o projeto, em vários aspectos, relevante e financiou sua sequência para sua finalização com vistas ao desenvolvimento de um processo de produção, que por sua vez está em vias de ser incluído no rol de incubadoras do ICTIM/Maricá para, primeiro a realização de testes nos hospitais públicos da região visando à certificação e o início de uma produção e comercialização em larga escala.

REFERÊNCIAS

1. Boletim Técnico Respirador Reutilizável Semifacial, 2018. 3M. Disponível em: https://multimedia.3m.com/mws/media/828358O/boletim-tecnico-respirador-3m-6000.pdf Acessado em 11/04/2020:
2. CHU, D. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. The Lancet, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32497510/>. Acessado em 12/04/2020.
3. GIERTHMUEHLEN, M. Evaluation and discussion of handmade facemasks and commercial diving-equipment as personal protection in pandemic scenarios. Plos One. 15(8), 2020. Disponível em: ResearchGate database. Acessado em 12/04/2020.
4. IMBRIE-MOORE, A. Quadrupling the N95 Supply during the COVID-19 Crisis with an Innovative 3D-Printed Mask Adaptor. Healthcare. 8 (3): 225, 2020. Disponível em: ResearchGate database. Acessado em 13/04/2020:
5. KOEHLER, R. A Novel Face Seal Design for Filtering Facepiece Respirators: Development and Pilot Testing In a Hospital Operating Room. Journal of the International Society for Respiratory Protection. 31(2), 2015. Disponível em: ResearchGate database. Acessado em 11/04/2020.
6. KUNKEL, M. Additive manufacturing and injection molding process for mass-production of face shields during COVID-19 pandemic: A comparative study. Research Aquare, 2020. Disponível em: ResearchGate database. Acessado em 13/04/2020:
7. MANG, K. Customized design and 3D printing of face seal for an N95 Filtering Facepiece Respirator. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 15(3), 2017. Disponível em: ResearchGate database. Acessado em 11/04/2020:
8. MITZEA, T. Face masks considerably reduce COVID-19 cases in Germany. Iza Institute, 2020. Disponível em: https://www.pnas.org/lookup/suppl/ Acessado em 12/04/2020.
9. OLADAPO, B. Review on 3D printing: Fight against COVID-19. Materials Chemistry and Physics. 258(7), 2020. Disponível em: ResearchGate database. Acessado em 14/04/2020.
10. PEMMADA, R. Science-Based Strategies of Antiviral Coatings with Viricidal Properties for the COVID-19 Like Pandemics. MDPI AG in Materials, 2020. Disponível em: <https://www.scilit.net/article/966f6e68268c9bfd57c0f8575c39ec46> Acessado em 12/04/2020.
11. PLANETA COPPE NOTÍCIAS. Coppe, Inmetro e PUC-Rio desenvolvem tecido antiviral para máscaras de proteção à Covid-19. COPPE, 2020. Disponível em: https://www.coppe.ufrj.br/pt-br/planeta-coppe-noticias/noticias/inmetro-coppe/ufrj-e-ctc/puc-rio-desenvolvem-tecido-antiviral Acesso em: 11/04/2020.
12. PRATHER, A. Reducing transmission of SARS-CoV-2. Science, 2021. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/368/6498/1422> Acessado em 15/04/2020:
13. STUTT, R. A modelling framework to assess the likely effectiveness of facemasks in combination with 'lock-down' in managing the COVID-19 pandemic. The Royal society Publishing, 2020. Disponível em: https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2020.0376> Visualizado em 15/04/2021:
14. TULIO, S. Hospitais registram aumento de até 4.000% no preço de máscaras por causa do coronavírus. [Hospitals register an increase of up to 4,000% without the price of masks because of the coronavirus.] Globo.com, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2020/04/08/hospitais-registram-aumento-de-ate-4000percent-no-preco-de-mascaras-por-causa-do-coronavirus.ghtml> Acesso em: 20/04/2021.
15. ZAMBINI.ORG. ABNT NBR 13697-2010: Equipamento de proteção respiratória-Filtros para partículas. ABNT NBR 13698-2011. ABNT. Disponível em: https://www.zambini.org.br/pdfs/ABNT%20NBR%2013697-2010%20%20-%20Equipamento%20de%20prote%C3%A7%C3%A3o%20respirat%C3%B3ria%20%E2%80%94%20Filtros%20para%20part%C3%ADculas.pdf> Acesso em: 20/04/2021.
16. ZAMBINI.ORG. ABNT NBR 13698-2011: Equipamento de proteção respiratória-Peça semifacial filtrante para partículas. ABNT NBR 13698-2011. ABNT. Disponível em: https://www.zambini.org.br/pdfs/ABNT%20NBR%2013698-2011%20%20-%20Equipamento%20de%20prote%C3 %A7%C3%A3o%20respirat%C3%B3ria%20%E2%80%94%20Pe%C3%A7a%20semifacial%20filtrante%20para%20part%C3%ADculas.pdf> Acesso em: 20/04/2021.
17. IIDA, ITIRO. Ergonomia: Projeto e Produção. Edgar Blucher, São Paulo, 2016.