

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

ÉVERTON KUHLEN RAMOS

**PROTÓTIPO DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA NÃO
PROFISSIONAL:
Desenvolvimento do Projeto de Produção em Escala de Máscaras de Proteção**

**São Leopoldo
2021**

ÉVERTON KUHNEN RAMOS

**PROTÓTIPO DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA NÃO
PROFISSIONAL:**

Desenvolvimento do Projeto de Produção em Escala de Máscaras de Proteção

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia, pelo Curso de Engenharia
Mecânica da Universidade do Vale do Rio
dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Walter Andrey Fontana

São Leopoldo

2021

Aos meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado durante toda a minha
jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por serem meu apoio e minha base durante toda a minha vida e trajetória acadêmica, sem vocês eu nada seria.

À minha querida irmã, por ser minha melhor amiga e confidente. Sou grato por todos os seus ensinamentos.

À minha esposa por sua paciência, apoio e motivação incondicional.

Ao meu orientador, professor Dr. Walter Andrey Fontana, por todo o suporte na construção do projeto.

E por fim, a Deus, que colocou pessoas tão especiais em minha trajetória de vida.

“O que me preocupa não é o grito dos maus. É o silêncio dos bons.”

Martin Luther King

RESUMO

A pandemia ocasionada pelo Coronavírus, surgida na China ao final de 2019, rapidamente se espalhou por todo o mundo, matando mais de 3,36 milhões de pessoas em diversos países. Ainda no início da pandemia, observou-se que em países que possuem a cultura de utilizar máscaras quando se está gripado, apresentavam uma menor quantidade de casos de pessoas contaminadas. Com isso, a OMS indicou aos países que aconselhassem a população a utilizar máscaras de proteção respiratória. Assim, projetou-se um Equipamento de Proteção Respiratória que concilie uma alta produtividade a um preço competitivo, quando comparado as peças já existentes no mercado. Esse dispositivo de proteção respiratória foi desenvolvido através da combinação de polietileno (responsável por realizar a estrutura do equipamento) com o revestimento de poliéster (com a finalidade de filtrar as impurezas presentes no ar). A técnica de produção abordada foi a injeção de polímeros sobre tecidos, associada com a injeção sobre inserto metálicos, obtendo-se assim, a possibilidade de reduzir o número de métodos de fabricação. Deste modo, ao final do processo é obtida a peça injetada fixada ao não tecido e o clipe nasal, de forma a viabilizar o procedimento produtivo utilizado para a máscara, tornou-se necessário o desenvolvimento dos ferramentais empregados, bem como o processo de confecção da máscara. Após finalização do desenvolvimento do dispositivo, foram realizadas simulações computacionais, com o objetivo de validar a fabricação do mesmo, analisando as temperaturas durante o processo, tensões geradas, o número de pontos de alimentação, posições dos pontos de alimentação e as pressões necessárias. As simulações computacionais foram realizadas através da ferramenta Solid Plastic, presente no software Solid Works 2019. Também foram executadas as análises de custos de produção e o cálculo do preço objetivo do produto final. Através das simulações, conclui-se que é viável a fabricação da máscara através dos processos e ferramentais desenvolvidos. Assim como, pode-se estimar o preço final do produto de forma a ser competitivo com outros produtos similares presentes no mercado.

Palavras-chave: Máscara de proteção. Coronavírus. Injeção de polímeros. Moldes de injeção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema respiratório	28
Figura 2 – A relação entre as partes interessadas e o projeto	38
Figura 3 – Diagrama de desenvolvimento do trabalho	41
Figura 4 – Dimensões faciais médias da população brasileira.....	46
Figura 5 – Exemplos de máscaras.....	50
Figura 6 – Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.....	56
Figura 7 – Etapas do ciclo de injeção.....	58
Figura 8 – Jasot 260-100	63
Figura 9 – Máquina de lavar industrial RLX-30.	65
Figura 10 – Nível de importância para os entrevistados das máscaras durante a pandemia de COVID-19	71
Figura 11 – Tempo diário de utilização das máscaras	71
Figura 12 – Tempo para troca das máscaras.....	81
Figura 13 – Problemas com as máscaras	73
Figura 14 – Design do dispositivo.	73
Figura 15 – Ergonomia.....	74
Figura 16 – Custo.....	75
Figura 17 – Facilidade de respirar.....	75
Figura 18 – Facilidade em realizar a higienização do dispositivo.....	76
Figura 19 – Óculos embaçado.	81
Figura 20 – Ecologicamente correto.....	81
Figura 21 – Durabilidade.....	78
Figura 22 – Facilidade na utilização do dispositivo.	78
Figura 23 – OTO máscara de proteção.....	80
Figura 24 – Máscara de proteção Fiber Knit.	81
Figura 25 – Equipamento de proteção respiratória	83
Figura 26 – Dimensões básicas do EPR.....	83
Figura 27 – Dimensões do não tecido.....	86
Figura 28 – Molde de injeção desenvolvido para a fabricação do EPR.	86
Figura 28 – Molde de injeção explodido.....	87
Figura 29 – Moldes macho e fêmea desenvolvido para a fabricação do EPR.	88
Figura 30 – Canal de alimentação.....	89

Figura 31 – Sistema de fixação do tecido.	90
Figura 32 – Sistema de extração.....	91
Figura 33 – Falha no preenchimento da cavidade.	92
Figura 34 – Diagrama das pressões de injeção.	94
Figura 35 – Diagrama de temperaturas de injeção.	95
Figura 36 – Tensões de cisalhamento.	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Porcentagem do aerossol de teste (NaCl ¹) que atravessa a camada filtrante da PFF	23
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vírus relacionados com as Infecções do trato respiratório e respectivas síndromes clínicas.....	31
Tabela 2 – Alguns agentes biológicos dispersos na forma de acessórios e os EPR recomendados para prevenção das patologias associadas.....	33
Tabela 3 – Resistência máxima à respiração dos filtros para partículas.....	36
Tabela 4 – Matriz do método QFD	79
Tabela 5 – Estimativa de custos de fabricação	100

LISTA DE SIGLAS

ΔP	Pressão Diferencial
μm	Micrometro
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIE	Associação Internacional de Ergonomia
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Bar	Bar
BFE	Eficiência de Filtragem de Bacteriana
CA	Certificado de Aprovação
CDC	Center for Disease Control and Prevention
CRF	Certificado de Registro de Fabricante
CRI	Certificado de Registro do Importador
EFP	Eficiência de Filtragem de Partículas
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPR	Equipamentos de Proteção Respiratória
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
G	Grama
HRC	Rockwell
IVAS	Comprometimento Infeccioso das Vias Aéreas Superiores
Kg	Quilo grama
Mm	Milímetros
MPa	Mega Pascal
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial de Saúde
Pemax	Força Muscular Expiratória Máxima
PFF	Peça Facial Filtrante
Pimax	Força Muscular Inspiratória Máxima
T	Tonelada
QFD	Quality Funtion Deployment ou Desdobramento da função qualidade

PMBOK	Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos
VOC	Voice of the Customer ou Voz do Consumidor
IMD	In Mold Decoration
CNC	Controle Numérico Computadorizado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Tema	16
1.2	Delimitação do Tema	16
1.3	Problema	16
1.4	Objetivos	17
1.5	Justificativa	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Equipamentos de proteção individual	19
2.2	Máscaras	20
2.2.1	Tipos, características de aplicações	22
2.2.1.1	<i>Respiradores purificadores de ar</i>	23
2.2.1.1.1	<i>Respiradores purificadores de ar tipo não motorizados</i>	23
2.2.1.1.2	<i>Respiradores purificadores de ar tipo motorizado</i>	24
2.2.1.2	<i>Respiradores de adução de ar</i>	24
2.2.1.2.1	<i>Respiradores de linha de ar comprimido</i>	24
2.2.1.2.2	<i>Respirador de linha de ar comprimido com cilindro auxiliar</i>	25
2.2.1.2.3	<i>Máscara autônoma</i>	25
2.2.1.2.4	<i>Respirador de ar natural</i>	25
2.2.2	Materiais	25
2.2.3	Conforto respiratório e capacidade de filtração	27
2.2.3.1	<i>Eficiência de filtração de partículas (EFP)</i>	28
2.2.3.2	<i>Eficiência de filtração de bacteriana (BFE)</i>	29
2.2.3.3	<i>Pressão diferencial (ΔP)</i>	29
2.2.4	Materiais com características antivirais	29
2.3	Respiração e transmissão de vírus por vias aéreas	30
2.3.1	Influência do uso de máscaras	33
2.3.2	Padrões de fluxo respiratório e sua influência no projeto de máscaras	35
2.4	Projeto de produto	36
2.4.1	Desdobramento da função qualidade (QFD)	39

2.4.2	Aplicação da voz do consumidor para elaboração de requisitos de Produto	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1	Projeto do produto	42
3.1.1	Pesquisa com consumidores	42
3.1.2	QFD	43
3.1.3	Requisitos	44
3.1.3.1	<i>Fixação</i>	44
3.1.3.2	<i>Dispositivo de filtragem</i>	45
3.1.3.3	<i>Dimensional</i>	46
3.1.3.4	<i>Usabilidade</i>	46
3.1.3.5	<i>Produção em série</i>	47
3.1.3.6	<i>Durabilidade</i>	48
3.1.4	Concepção de produto	49
3.1.4.1	<i>Design do produto</i>	49
3.1.5	Análise de viabilidade e desempenho	52
3.1.5.1	<i>Estudo de viabilidade</i>	52
3.2	Fabricação	52
3.2.1	Escolha da matéria prima	53
3.2.1.1	<i>Tecido</i>	54
3.2.2	Técnicas de fabricação aplicadas	55
3.2.2.1	<i>Processo de injeção</i>	56
3.2.2.1.1	<i>Molde de injeção</i>	59
3.2.2.1.2	<i>Dispositivo de fixação do tecido/nãotecido na matriz de injeção</i>	62
3.2.2.1.3	<i>Dispositivo de expulsão</i>	62
3.2.2.1.4	<i>Injetora</i>	63
3.2.2.2	<i>Rebarbação</i>	64
3.2.2.3	<i>Inspeção da qualidade</i>	64
3.2.2.4	<i>Higienização dos dispositivos</i>	65
3.3	Análise de desempenho	66
3.3.1	Simulação computacional	66
3.3.2	Capacidade de retenção de partículas	66

3.3.3	Influência na respiração	67
3.3.4	Ergonomia	68
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.1	Resultados obtidos	70
4.1.1	Resultados da pesquisa	70
4.1.2	Resultados da aplicação do método QFD	79
4.1.3	Estudo de mercado	80
4.1.4	Produto final	82
4.1.5	Ferramental desenvolvido	85
4.1.6	Resultados Obtidos nas Simulações Computacionais	92
4.1.7	Tempos de injeção	97
4.1.8	Estudo de viabilidade	98
4.1.8.1	<i>Custos do produto</i>	98
4.1.8.2	<i>Preço final a ser realizado no produto</i>	101
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
	REFERÊNCIAS	104

1 INTRODUÇÃO

Infecções por Coronavírus são de conhecimento da comunidade médica há mais de 50 anos. Cerca de 5 a 10% das doenças respiratórias agudas leves são causadas pelos principais tipos de Coronavírus. Em dezembro de 2019 foi identificado, pela primeira vez, na cidade de Wuhan, na China, o *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (Sars-CoV-2), bem como a doença causada por ele (COVID-19). Essa doença é uma infecção respiratória aguda potencialmente grave, podendo desencadear pneumonia. Em alguns casos, esse quadro clínico evolui para insuficiência respiratória aguda e para outras doenças sistêmicas graves. Foi no dia 11 de março de 2020 que a situação foi caracterizada como pandemia pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

No decorrer da pandemia, observou-se que nos países em que o uso de máscaras de proteção respiratória já é difundido pela população, ao exemplo de países da Ásia, como Japão e Coreia do Sul, as curvas de disseminação da doença se apresentaram mais lentas do que em países sem esse costume. Tendo em vista as observações supramencionadas, a OMS se pronunciou indicando o equipamento de proteção respiratória como uma das formas de se reduzir as chances de contaminação por COVID-19. Outras medidas indicadas foram a utilização de álcool em gel 70%, evitar aglomerações e buscar o isolamento social. A partir dessas indicações, houve uma grande procura por esses produtos, o que gerou a escassez dos mesmos. Dessa forma, para tentar controlar a situação, a OMS indicou a utilização de máscaras médicas somente para trabalhadores de hospitais, deixando, para a população, a opção de utilizar as máscaras não profissionais. No mesmo intuito, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) flexibilizou as diretrizes para a produção de álcool em gel e de máscaras de proteção durante o período de duração da pandemia. Com essa atitude, buscou-se incentivar a produção de tais produtos, suprimindo, assim, a alta demanda momentânea.

Rapidamente, a indústria reabasteceu o mercado de álcool em gel, normalizando o fornecimento do produto ao público em geral. Um dos fatores que auxiliaram a essa rápida retomada foi a participação de grandes empresas de outros segmentos que adaptaram algumas de suas fábricas e, em função disso, conseguiram produzir álcool em gel em larga escala. Muitas dessas empresas distribuíram esse álcool de forma gratuita à população durante esse período de falta

do produto no mercado. Um exemplo dessas empresas foi a Ambev, empresa do segmento de bebidas. Essa mesma empresa também converteu uma de suas fábricas de garrafas para a produção de protetores faciais, chamados *face shield*, sendo essas máscaras distribuídas de forma gratuita. Esse é um dos poucos exemplos de produção das máscaras em grandes indústrias. Entretanto, na maioria das vezes os equipamentos de proteção estão sendo produzidos por trabalhadores autônomos e artesões, abastecendo, assim, as suas comunidades locais. Isso se dá pela facilidade de produzir as máscaras de tecido, necessitando apenas de um equipamento de costura para a fabricação do mesmo.

1.1 Tema

O tema deste trabalho consiste no projeto para a fabricação em larga escala de um equipamento de proteção respiratória, classificado como não profissional, para a proteção da população durante a pandemia de COVID-19.

1.2 Delimitação do Tema

Com o intuito de elaborar um EPR capaz de fornecer proteção ao seu usuário, objetiva-se, neste presente trabalho, desenvolver o modelo e os métodos produtivos que permitam a fabricação em série deste dispositivo. Por se tratar de um modelo de EPR não profissional, será apresentado como dispositivo de filtragem unicamente o não tecido escolhido para cobrir toda a sua superfície, não havendo assim válvulas ou mecanismos de filtragem mais complexos.

1.3 Problema

No cenário atual, há uma grande demanda por máscaras de proteção respiratórias não profissionais para a proteção individual da população. Portanto, é necessário o desenvolvimento de uma máscara visando à produção em escala e, com isso, reduzindo o custo, de forma a ampliar a proteção para as pessoas de todas as classes, mas especialmente os mais vulneráveis.

1.4 Objetivos

Os objetivos deste trabalho são divididos em geral e específico e serão apresentados na sequência do texto.

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em realizar o desenvolvimento de um modelo de máscara de proteção respiratória, com a finalidade de atender a demanda do mercado.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos consistem em:

- a) Projetar um equipamento de proteção respiratória para a redução dos efeitos da transmissão da COVID-19;
- b) Desenvolver o ferramental necessário para realizar a fabricação do EPR;
- c) Estimar o tempo de fabricação do dispositivo;
- d) Realizar análise econômica do produto a fim de averiguar o preço ideal a ser comercializado, comparando com outros equipamentos disponíveis no mercado;
- e) Estimar valor do produto final a ser comercializado.

1.5 Justificativa

O presente trabalho foi pensado de forma a desenvolver uma alternativa para a produção em larga escala de máscaras de proteção individual não profissional. Com o EPR, pode-se reduzir a proliferação de diversas doenças transmitidas através do ar.

A partir da pandemia do COVID-19, surgiu uma grande demanda por equipamentos de proteção respiratória para o público em geral. Contudo, o mercado não estava preparado para essa alta e, em pouco tempo, esses equipamentos ficaram escassos. Em virtude dessa situação, a OMS indicou a utilização de máscaras feitas de tecido (não profissionais) para o público em geral, deixando as

máscaras médicas exclusivamente para trabalhadores do setor hospitalar e para pessoas contaminadas pelo vírus. A ANVISA flexibilizou as especificações para esses produtos durante o decorrer da pandemia a fim de permitir uma gama maior de produtos possam ser produzidos.

Devido à pandemia mundial que estamos vivendo neste momento, a aplicação desses dispositivos está muito ligada à proteção dos indivíduos de doenças respiratórias transmitidas através do ar, mas a utilização desses equipamentos vai muito além dessa aplicação, garantindo, assim, o mercado para esse produto mesmo com o fim da pandemia sendo decretado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos capítulos seguintes serão abordados os assuntos que serviram de base para o desenvolvimento do presente trabalho. Serão abordados conceitos relacionados aos equipamentos de proteção respiratória, os materiais antivirais e o projeto do produto.

2.1 Equipamentos de proteção individual

A Norma Regulamentadora (NR) 06 regulamenta o uso, a fabricação e a distribuição de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Tal norma apresenta que todos os produtos de uso individual, com o fim de reduzir os riscos que ameaçam a segurança e a saúde do trabalhador, são definidos como equipamentos de proteção individual. O EPI é fundamental para a proteção individual dos profissionais, reduzindo os riscos para os trabalhadores no ambiente de trabalho. Conforme Alves (2013), todo equipamento de uso individual que se destina a proteger a integridade física dos trabalhadores é definido como EPI. Esses equipamentos devem ser utilizados como último artifício ou ocasiões específicas e legalmente garantidas, como em situações em que as medidas de proteção coletivas não são eficazes ou em ocorrências de emergências (LOPES, 1996).

Para que um EPI possa ser comercializado, ele necessita ter um Certificado de Aprovação (CA). O CA consiste em um documento emitido pelo Departamento de Segurança e Saúde do Trabalhador, o qual atesta que o equipamento atende às especificações (VENDRAME, 2012). Além do CA, Certificado de Registro de Fabricante (CRF) e Certificado de Registro do Importador (CRI) também são necessários.

Existe uma grande variedade de tipos e classificações de EPI conforme a parte do corpo que se visa proteger. Os equipamentos de proteção individual são divididos em nove grupos, listados em ordem alfabética de “A” até “I”.

- A. EPI para a proteção da cabeça.
- B. EPI para proteção dos olhos e face.
- C. EPI para proteção auditiva.
- D. EPI para a proteção respiratória.
- E. EPI para a proteção do tronco.

- F. EPI para proteção dos membros superiores.
- G. EPI para proteção dos membros inferiores.
- H. EPI para proteção do corpo inteiro.
- I. EPI para proteção contra quedas com diferença de nível.

Em virtude da grande quantidade de equipamentos disponíveis no mercado e das diferentes aplicações, há a necessidade de se analisar qual equipamento que fornece maior proteção e ergonomia ao usuário para não haver a perda de rendimentos e a má utilização do EPI (VENDRAME, 2012). Esses equipamentos devem ser especificados por um profissional competente devidamente qualificado pelos órgãos oficiais, dentre eles: engenheiro, técnico em saúde e segurança do trabalho, entre outros.

Lima, Santana e Da Silva (2017), reforçam que o uso de EPI vai muito além dos benefícios à saúde dos usuários dos dispositivos, pois esses se revertem em benefícios para o empregador e a instituição como um todo, uma vez que a utilização, de forma correta dos equipamentos de proteção individual, reduz o número de afastamento de colaboradores por acidentes. Com isso, os resultados são ganhos para a empresa em produção.

2.2 Máscaras

A proteção respiratória tem grande importância para se garantir a saúde e reduzir a contaminação de pessoas por doenças transmitidas através do ar. Essa proteção visa criar uma barreira com o fim de reduzir a exposição da pele e das membranas mucosas. Para isso, um respirador consiste em um equipamento individual, fixado próximo à zona respiratória do usuário.

A ANVISA, em sua Cartilha de Proteção Respiratória contra Agentes Biológicos para Trabalhadores de Saúde, define como EPI para proteção respiratória todo aquele equipamento que tem como função a proteção contra a inalação de agentes nocivos à saúde. Corroborando nesse sentido, na Norma Brasileira de Regulação (NBR) n° 012.543, de 1999, encontra-se um conceito mais abrangente em que os EPR estão conceituados como qualquer dispositivo que tem por objetivo a proteção do indivíduo utilizador contra a inalação de ar contaminado ou de ar com deficiência de oxigênio. Esses EPIs são genericamente definidos como

Equipamentos de Proteção Respiratória, assim como são conhecidos como respiradores ou apenas máscaras (PASTORE, 2009).

A utilização dos equipamentos de proteção respiratória com o intuito de inibir o contágio de doenças transmitidas através do ar está em evidência atualmente devido à pandemia mundial do Coronavírus. As máscaras são utilizadas na área da saúde há muitas décadas. Corroborando com a afirmação anterior, Maganin (2009) defende que é rotineira a utilização de equipamentos de proteção respiratórios na área da saúde, com o intuito de proteger o trabalhador dos agentes biológicos presentes no ar. Ao encontro desse argumento, temos Lima, Santana e Da Silva (2017) que afirmam que os profissionais da saúde, principalmente os que atuam em hospitais, estão expostos a diversos riscos, sendo os principais os biológicos. Os principais fatores geradores desses riscos biológicos são o contato com o sangue e outros fluidos corporais dos pacientes.

No entanto, as aplicações das máscaras faciais abrangem uma gama de aplicações infinitamente superior a somente aplicações na área de saúde. No ramo industrial existem inúmeras profissões que necessitam da utilização de algum tipo de proteção respiratória. Logo, necessitam desses equipamentos os trabalhadores que lidam com partículas suspensas no ar, fumos metálicos, fumaça, gases prejudiciais à saúde, entre outros aspectos.

No ramo agrícola, as máscaras de proteção são exigidas, principalmente, para a aplicação de defensivos agrícolas. Além do EPR, nesses casos é necessária uma série de outros equipamentos de proteção individual para garantir a proteção do trabalhador que está exposto a esse produto. Gualberto, Coelho e Barreti (1999) destacam que os EPIs, utilizados no meio agrícola, possuem como objetivo impedir a exposição excessiva dos trabalhadores aos produtos fitossanitários.

Uma nova aplicação para os EPR, que vem crescendo muito na última década, é a utilização desses dispositivos por praticantes de atividades físicas ao ar livre em grandes cidades. Isso se dá pelo fato da grande quantidade de poluentes existentes no ar das grandes cidades, principalmente nas cidades metropolitanas. Essa poluição presente no ar atmosférico é gerada, principalmente, por grandes indústrias e pelos veículos movidos a combustíveis fósseis. Os praticantes dessas modalidades físicas utilizam essas máscaras no intuito de bloquear parcialmente ou totalmente a passagem desses poluentes no ar que será inalado durante a atividade física. A única forma de se praticar exercícios físicos ao ar livre sem malefícios à

saúde, em cidade com alta taxa de poluição no ar, é com a utilização de equipamento de proteção respiratória (JUNIOR, 2016).

O Programa de Proteção Respiratória (TORLONI, 2002), publicado pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) consiste em um documento em que são apresentadas uma série de práticas para a utilização de respiradores no ambiente de trabalho. Esse programa traz orientações de como selecionar, utilizar e cuidar dos equipamentos de proteção respiratória.

Profissões como a de tatuadores, manicures, cabeleireiros e barbeiros também utilizam máscaras de proteção respiratórias devido aos produtos utilizados em procedimentos estéticos. Também utilizam esses equipamentos com o fim de se protegerem caso o cliente esteja gripado ou resfriado. Outra justificativa para o uso de máscaras por esses profissionais é, em caso de um corte acidental ao cliente, evitar que respingos de sangue entrem em contato com as vias aéreas dos profissionais.

Para realizar a escolha do tipo mais adequado de respirador/máscara é preciso levar em consideração as limitações e características de cada tipo de equipamento, além de considerar também uma série de outros fatores que irão influenciar na eficácia do dispositivo escolhido.

2.2.1 Tipos, características e aplicações

Alguns dos tipos de respiradores mencionados na norma NBR n° 12543 são utilizados para evitar a contaminação através de vírus presentes no ar. Outras máscaras mencionadas nessa norma possuem funções mais focadas em manutenção, emergências e trabalhos em ambientes contaminados por agentes químicos ou físicos. Torloni (2002) descreve, no programa de proteção respiratória, que os fatores que influenciam na seleção de um EPR são:

- Atividade do usuário;
- Condição do uso de respirador;
- Localização da área de risco;
- Características e limitações dos respiradores;
- Características da tarefa.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define na Norma Brasileira de Regulamentação – NBR n° 12543, de 1999, que os EPR são divididos em duas classes, tratando-se dos dependentes da atmosfera ambiente: respiradores purificadores de ar e os independentes da atmosfera ambiente: respiradores de adução de ar.

2.2.1.1 Respiradores purificadores de ar

Os respiradores purificadores de ar são os equipamentos que utilizam o ar ambiente contaminado e esse ar passa por um dispositivo filtrante antes de ser inalado. O filtro é utilizado para remover os contaminantes existentes no ar. Esses equipamentos só deverão ser utilizados em situações em que é conhecida a concentração de oxigênio, não podendo trabalhar com uma concentração inferior a 19,5% em volume ao nível do mar.

2.2.1.1.1 Respiradores purificadores de ar tipo não motorizados

Os respiradores purificadores de ar tipo Peça Facial Filtrante (PFF) são constituídos essencialmente de material filtrante, sendo ele parcialmente ou totalmente constituído desse material. Existem diversos níveis do filtro para esses equipamentos, podendo ser classificados segundo a porcentagem de aerossol que consegue atravessar o filtro. Essas classes são apresentadas no Quadro 01.

Quadro 1 – Porcentagem do aerossol de teste (NaCl¹) que atravessa a camada filtrante da PFF

Classe da PFF	Penetração (%)
PFF 1	20
PFF 2	6
PFF 3	3

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira. Norma Brasileira 13698 – Equipamento de Proteção Respiratória – Peça semifacial filtrante para partículas - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT,1996

Os equipamentos de proteção respiratória com filtro substituível são classificados conforme a porcentagem de aerossóis que atravessa o filtro, sendo

classificadas em P1, P2 e P3. Todos esses EPR utilizam válvulas de exalação que possibilitam a saída do ar quente e úmido.

A ANVISA, através de sua cartilha de proteção respiratória contra agentes biológicos para trabalhadores de saúde, descreve que N95 é uma classificação utilizada nos Estados Unidos da América. Essa classificação equivale, no Brasil, à PFF 2 ou P2.

2.2.1.1.2 Respiradores purificadores de ar tipo motorizado

Respiradores purificadores de ar do tipo motorizado consistem em um sistema equipado com uma ventoinha. A mesma tem a função de forçar a passagem do ar ambiente até a via respiratória do usuário. Gabas (2008) complementa que os filtros para esses equipamentos podem ser para aerossóis, particulados, gases ou combinados de dois ou até mesmo dos três tipos. Com isso, a ANVISA indica a utilização desse tipo de EPR em casos nos quais os respiradores não motorizados não fornecem a proteção necessária.

2.2.1.2 Respiradores de adução de ar

Os respiradores de adução de ar são aqueles que não necessitam purificar o ar inalado uma vez que possuem uma fonte de ar puro proveniente de uma atmosfera independente do ambiente contaminado. Essas fontes podem ser, por exemplo, compressor de ar ou cilindros de ar comprimido. Giordani (2014) menciona que se indica a utilização desses equipamentos para trabalhos em ambientes com grande concentração de contaminantes ou em ambientes com deficiência de oxigênio.

2.2.1.2.1 Respirador de linha de ar comprimido

O respirador de adução de ar de linha de ar comprimido consiste em um sistema em que o ar respirável provém de um compressor ou de cilindros. Esse ar é transportado através de uma mangueira até uma peça facial, capuz ou capacete.

2.2.1.2.2 Respirador de linha de ar comprimido com cilindro auxiliar

Limita-se a um equipamento em que o usuário transporta um suprimento de ar junto ao corpo. Esse ar respirável encontra-se armazenado em um cilindro.

2.2.1.2.3 *Máscara autônoma*

Trata-se de um dispositivo em que o suprimento de ar respirável é carregado pelo próprio usuário. Esse suprimento é independente da atmosfera ambiente, podendo ser um circuito aberto ou fechado.

2.2.1.2.4 *Respirador de ar natural*

Constitui-se em uma mangueira de ar ligada a uma peça facial inteira. O ar atmosférico não contaminado é conduzido pela mangueira através da depressão provocada pela respiração do usuário.

2.2.2 Materiais

As máscaras de proteção respiratórias são utilizadas há muitos séculos. Durante a pandemia de peste negra, no século XIV, os médicos utilizavam máscaras que cobriam todo o rosto e que possuíam um formato pontiagudo para encaixar o nariz. Nesse “bico” eram então colocadas palhas e ervas, pois se acreditava que esses impediam a passagem dos elementos que provocam a doença. No final do século XIX, o cirurgião francês Paul Berger foi um dos primeiros médicos a utilizar máscaras em cirurgias. Ele adotou essa prática após ler diversos estudos, do bacteriologista alemão Carl Flügge, sobre transmissão de doenças através de saliva. A máscara utilizada por Berger era constituída de seis camadas de gaze, cobria o nariz e se prolongava até a borda do avental. No início do século XX, com a epidemia de gripe espanhola, o uso de máscaras se popularizou tanto por parte dos médicos, quanto por militares e a população em geral. As máscaras utilizadas nesse período eram feitas de gaze de algodão e com uma armação de metal para manter a máscara no lugar correto. Com o surgimento das máscaras N95 descartáveis em 1972, houve um crescimento da popularidade dessas máscaras. Em 1995 esses equipamentos tornaram-se padrões de assistência médica durante epidemias.

Durante a pandemia de COVID-19 se popularizou a utilização de máscaras feitas de tecidos, sendo essas máscaras classificadas como máscaras não profissionais. O *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) recomendava que cidadãos fora do ambiente hospitalar utilizassem somente as máscaras de tecido. A ANVISA flexibilizou as regras para a produção, comercialização e utilização desse tipo de máscaras até que esta pandemia seja controlada e chegue ao seu fim, enquanto a OMS indica que se utilize de duas a três camadas de tecido para potencializar o poder de filtragem dessas máscaras. Existem tecidos que fornecem uma melhor efetividade para as máscaras não profissionais, como os tecidos com base de algodão, os quais são os mais indicados para a fabricação desses dispositivos de proteção.

A norma técnica brasileira ABNT PR 1002:2020 estabelece que os materiais utilizados na fabricação de EPR não profissionais necessitam aguentar a manipulação e o desgaste durante a utilização do produto. Já a norma ABNT NBR 15052 define que as máscaras cirúrgicas necessitam ser produzidas em não tecidos e sem fibra de vidro, já para o clipe nasal é necessário um material maleável. Segundo a NBR 13370, um não tecido é definido como uma estrutura plana, porosa e flexível.

As peças semifaciais filtrantes são produzidas totalmente ou parcialmente de materiais com características filtrantes. Esses insumos não podem ser altamente inflamáveis a fim de garantir a segurança em aplicações mais extremas, nem ocasionar incômodos e irritações cutâneas ao usuário. Essas definições são encontradas na ABNT NBR 13698.

A Norma ABNT NBR 13697 define que os filtros desses equipamentos devem, assim como o restante da máscara, resistir ao manuseio, ao uso e a exposições a umidades, temperaturas e atmosferas corrosivas dos ambientes onde necessitem a utilização desses dispositivos de proteção. A norma também complementa que os materiais dos filtros não podem constituir risco ou incômodo ao usuário. Esses requisitos devem ser verificados através de inspeções visuais, buscando verificar se o equipamento apresenta filtro quebradiço ou sinais de deterioração.

Os elementos filtrantes presentes nos inúmeros modelos e EPRs podem ser produzidos nos mais diversos materiais. Esses podem ser fabricados de tecidos e também de não tecidos (TNT) ou, até mesmo, de carvão ativado (em dispositivos

mais complexos). Cada filtro é indicado para aplicações específicas conforme suas características e capacidades de barrar os elementos presentes no ar.

O polipropileno é um termoplástico que é fabricado a partir do propileno. A definição de termoplástico se dá pelo fato de esse polímero poder ser moldado utilizando-se unicamente temperaturas elevadas. Tal material possui diversas aplicações. São exemplos de aplicações de polipropileno:

- Tampas de refrigerantes;
- Brinquedos;
- Copos plásticos;
- Embalagens plásticas;
- Corpo de eletrodomésticos;
- Autopeças;
- Seringas de injeção.

O polipropileno possui características muito próximas a do polietileno (PE). Suas principais características são:

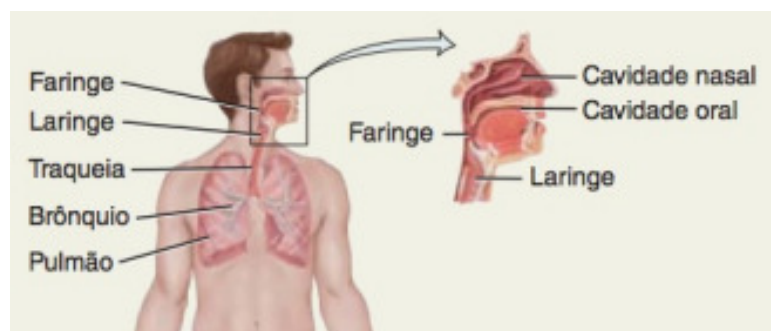
- Moldável;
- Baixo custo;
- Altamente leve;
- Atóxico;
- Baixa absorção de umidade;
- Alta resistência ao impacto (com temperaturas acima de 15 °C);
- Alta resistência à fratura por fadiga ou flexão.

2.2.3 Conforto respiratório e capacidade de filtragem

O sistema respiratório tem como função transferir o oxigênio inalado para a corrente sanguínea e os dióxidos de carbono da corrente sanguínea para o ar exalado. Além disso, também auxilia a regular a temperatura corporal e a acidez dos líquidos corporais (Tortora p. 32, 2015). Marieb (2014) divide os processos respiratórios em cinco, sendo eles: ventilação pulmonar; respiração externa; transporte cardiovascular dos gases respiratórios; respiração interna e respiração celular. Para conseguir realizar essa complexa função, o sistema respiratório é

constituído de diversos órgãos. São eles: fossas nasais; faringe; laringe; traquéia; brônquios; bronquíolos; alvéolos pulmonares e pulmões. Na Figura 1 tem-se a apresentação desses órgãos e sua localização no corpo humano.

Figura 1 – Sistema respiratório



Fonte: retirada do livro *O Corpo Humano*, p. 32.

O gradiente de pressão entre os pulmões e o ar atmosférico determina o fluxo de ar pulmonar. Esse gradiente se dá através da contração dos músculos respiratórios que geram as variações de volume pulmonar. Barreto (2002) menciona que a capacidade pulmonar total se origina da associação entre a força inspiratória e a distensão do sistema respiratório. As medidas da função e da eficiência pulmonar são utilizadas para diagnosticar diversas doenças, as mesmas acabam por comprometer essas capacidades.

A comunicação dos seres humanos vai muito além do uso de palavras. Linguagem corporal, expressões faciais e olhares também apresentam grande importância na comunicação interpessoal. Tortora (2015) observa que a respiração também pode ser utilizada para expressar emoções, através de suspiro, soluço ou risada. O sistema respiratório também pode ter a função de expulsar corpos estranhos, que estejam o invadindo, por meio de mecanismos de defesa como a tosse e o espirro.

Os desempenhos em equipamentos de proteção respiratórios profissionais são definidos e testados através de diferentes parâmetros. Vale ressaltar ainda, que esses parâmetros não se aplicam ao dispositivo desenvolvido no presente trabalho, uma vez que o mesmo se trata de um equipamento de proteção respiratória classificado como não profissional. Na sequência são mostrados alguns dos critérios mais importantes os quais as máscaras devem respeitar.

2.2.3.1 *Eficiência de filtração de partículas (EFP)*

A EFP define a retenção de partículas inertes que a máscara fornece ao usuário. A eficácia da máscara aumenta conforme o valor de EFP cresce. Esses testes são definidos através da norma ABNT NBR 15052:2004. Para máscaras utilizadas por profissionais de saúde o valor mínimo aceitável é de 98%.

2.2.3.2 *Eficiência de filtração de bacteriana (BFE)*

O BFE determina a porcentagem de bactérias, com tamanho igual ou superior a três microns, que são filtrados pela máscara. Os métodos de validação são definidos nas normas ASTM F2101 e ABNT NBR 15052:2004. É necessária uma taxa de filtração igual ou superior a 95% para poder definir a máscara como sendo uma máscara médica.

2.2.3.3 *Pressão diferencial (ΔP)*

Através da pressão diferencial (ΔP) é possível calcular a permeabilidade do ar na máscara. O ΔP é determinado em milímetros de água por centímetros quadrado de amostra ensaiada. Consiste em colocar a máscara sob uma corrente de ar com o fluxo e a taxa controlados e, em seguida, medir a diferença de pressão causada. Essa medida define a capacidade de “respirabilidade” da máscara. Os métodos para a realização dos testes do ΔP encontram-se na ABNT NBR 15052:2004.

2.2.4 *Materiais com características antivirais*

Segundo o dicionário de língua portuguesa, “antiviral” é um adjetivo masculino, utilizado para caracterizar algo que extermina ou impossibilita o desenvolvimento do vírus. Esses são conceituados como organismos infecciosos constituídos de material genético construídos de diversas formas. Simoni (2003) define que uma substância antiviral deve ser capaz de impedir a replicação do vírus e ser efetivo contra uma grande variedade de vírus.

Ao longo dos últimos anos ocorreram grandes evoluções na ciência em todo o mundo, assim como no desenvolvimento de agentes antivirais, uma vez que novos

processos metabólicos virais estão sendo encontrados em pesquisas, bem como sendo utilizados de diferentes formas com o intuito de produzir novos compostos.

O Centro de Desenvolvimento de Materiais Funcionais (CDMF), situado no Estado de São Paulo, vem trabalhando em materiais que possam auxiliar a disseminação de doenças. Dentre os materiais já obtidos, destacam-se os compostos poliméricos contendo nano partículas de óxidos metálicos. Os pesquisadores seguem trabalhando para associar flexibilidade, resistência e as características antimicrobianas e antivirais.

A indústria têxtil também vem trabalhando no desenvolvimento de novos tipos de malhas que possuam comportamento antiviral. Já há no mercado diversos modelos de máscaras faciais, roupas e tecidos de confecções com esse acabamento antiviral. A ANVISA descreve que essa característica antiviral pode ser proporcionada por modificações químicas, utilizando moléculas com potencial de captura do vírus.

As nano partículas de metais nobres têm apresentado grande potencial na área médica. Dentre eles, o principal é a nano partícula de prata (NP-Ag), também conhecida como prata coloidal. A partícula de prata se mostra eficiente contra bactérias, vírus e fungos. Zapata-Giraldo (2018) menciona que o comportamento antiviral da nano partícula de prata varia conforme o tipo de vírus. Na maioria dos vírus, a NP-Ag age impedindo as partículas virais de entrarem nas células humanas, comprometendo a replicação das células. Neto (2008) acrescenta que, dentre as nano partículas de metais nobres, a de prata é a que apresenta menor toxicidade aos seres humanos. Essas nano partículas de metais estão sendo empregadas em diferentes matérias com o fim de utilizar suas propriedades antivirais. Já existem tecidos disponíveis no mercado que utilizam essa tecnologia.

2.3 Respiração e transmissão de vírus por vias aéreas

Maganin (2009) define como agentes biológicos todos os fungos, as bactérias, os parasitas, os vírus, os protozoários, entre outros agentes, que são suficientes para gerar prejuízos à saúde humana. Os agentes supramencionados permanecem em suspensão no ar, isso faz com que possam invadir o corpo humano durante o processo de respiração.

Embora o Comprometimento Infecioso das Vias Aéreas Superiores (IVAS) figure entre as doenças mais comuns na sociedade, nem sempre recebe a atenção necessária. Isso se deve ao fato de os sintomas serem passageiros, além de não impedirem o portador de manter sua rotina normalmente. A situação se altera no momento em que ocorre o agravamento dos sintomas, os quais podem levar o indivíduo a óbito.

Conforme Martins (2017) existe uma grande gama de possíveis agentes etimológicos dos resfriados (por volta de 200 subtipos), sendo o Rinovírus o principal deles. Em menor presença tem-se Coronavírus, Adenovírus, Enterovírus, Parainfluenza e o Vírus Sincicial Respiratório. A Tabela 1 apresenta os principais grupos virais, bem como as síndromes de infecções do trato respiratório associados.

Tabela 1 – Vírus relacionados com as infecções do trato respiratório e respectivas síndromes clínicas

Grupo	Ácido nucleico	Tipos	Síndrome clínica
Adenovírus	DNA	I - 47	Resfriado comum, faringite, laringite, bronquite, bronquiolite, febre faringoconjuntival, doença respiratória aguda em recrutas militares, pneumonia
Coronavírus	RNA	229E, OC43, huCoV-SARS	Resfriado comum, faringite, laringite, bronquite, SARS
Hantavírus Orthomixovírus Vírus da influenza	RNA	Múltiplos	SARA, pneumonia
Paramyxovirus Vírus do Sarampo Vírus parainfluenza	RNA	A,B,C	Influenza, resfriado comum, faringite, laringite, crupe, bronquite, bronquiolite, pneumonia
VSR	RNA	I - 4	Sarampo, pneumonia, bronquiectasia
Metapneumovírus humano Picornavírus Enterovírus Coxsackie vírus Echovírus Rinovírus Herpes vírus Herpes simplex vírus	RNA	A, B	Resfriado comum, faringite, crupe, bronquite, bronquiolite, pneumonia
Citomegalovírus	RNA	A, B	Resfriado comum, bronquiolite
Vírus varicela zoster Vírus Epstein-Barr Vírus herpes humano 6	DNA	I - 24 I - 34 I - 100	Resfriado comum, SARA, herpangina Resfriado comum Resfriado comum, laringite, bronquite
		I, 2	Faringite aguda, faringite ulcerativa crônica, traqueíte, bronquite, pneumonia em imunossuprimidos
		I	Mononucleose, faringite aguda e crônica, pneumonia em imunossuprimidos
		I	Pneumonia
		I	Mononucleose, faringite aguda e crônica
		I	Pneumonia em imunossuprimidos

Fonte: retirada de *Infecções virais do trato respiratório* (p. 3)

Segundo Figueiredo (2015), a transmissão dessas doenças se dá por meio da inalação de gotículas provenientes de tosses e espirros de uma pessoa infectada ou pelo contato das mãos com uma superfície contaminada e posterior com o próprio rosto. Corroborando com essa ideia, Martins (2017) menciona que existem diversas pesquisas demonstrando que as mãos são o meio de transmissão mais importante desse tipo de doença. Para Taminato (2020), as condições que mais expandem a transmissão dos vírus respiratórios são: baixa imunidade; tempo de exposição; aglomeração de pessoas; contato próximo com uma pessoa infectada e tamanho da família.

A ANVISA, em sua cartilha de proteção respiratória contra agentes biológicos para trabalhadores de saúde, define as gotículas como partículas com tamanho igual ou maior que cinco micrometros (μm). Essas gotículas podem atingir a mucosa das fossas nasais e a mucosa da cavidade bucal. Por serem mais pesadas essas partículas alcançam uma distância máxima de 2m de sua fonte.

São definidas como aerossóis as partículas com dimensões inferiores a 5 μm . Devido ao seu tamanho, podem adentrar com maior profundidade no trato respiratório. Essas partículas conseguem permanecer suspensas no ar por longos períodos de tempo.

Cabe ressaltar que uma pessoa infectada pode transmitir o vírus da gripe até dois dias antes de começar a apresentar os sintomas, bem como até cinco dias após o término dos sintomas. Segundo Prato (2014) as crianças em idade escolar possuem maior carga viral do que os adultos; por isso, na maioria dos casos, são elas que acabam introduzindo a infecção na família.

Surtos de gripe normalmente seguem um padrão de sazonalidade, surgindo em períodos de inverno. Segundo Martins (2017), esse padrão de sazonalidade vem se modificando ao passar dos anos com o maior número de viagens internacionais sendo realizadas. Na Tabela 2 são apresentados alguns tipos de agentes biológicos e quais são os equipamentos de proteção respiratória indicados para a prevenção dos mesmos.

Tabela 2 – Alguns agentes biológicos dispersos na forma de acessórios e os EPR recomendados para prevenção das patologias associadas

Agente Etiológico	Patologia a ser prevenida	EPR Recomendado*
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculose	<ul style="list-style-type: none"> • PFF2 ou PFF3 • EPR motorizados ou com linha de ar comprimido para procedimentos de alto risco
Hantavírus	Hantavirose	<ul style="list-style-type: none"> • PFF3 ou EPR purificadores de ar com peça semifacial e filtro classe P3 • EPR purificadores de ar motorizados com filtros de classe P3 para procedimentos de alto risco
<i>Bacillus anthracis</i>	Antraz	<ul style="list-style-type: none"> • PFF2 ou PFF3 • EPR motorizado com peça facial inteira e filtro de classe P3 para procedimentos de alto risco
Coronavírus	SRAG/SARS	<ul style="list-style-type: none"> • PFF2 para procedimentos de isolamento de rotina • EPR com fator de proteção mais elevado (EPR motorizado ou peça facial inteira com filtro P2) para certos procedimentos com grande geração de aerossóis
Vírus da influenza - cepa H5N1	Gripe Aviária	<ul style="list-style-type: none"> • PFF2 ou PFF3 • EPR motorizados ou com linha de ar comprimido para procedimentos de alto risco

Fonte: COLTON, 2004. N039. Disponível em http://www.isrp.com.au/isrpcom/journal/jp_abstracts/colton.htm

2.3.1 Influência do uso de máscaras

As máscaras de proteção respiratória reduzem a exposição e o risco de transmissão de infecções à população, agindo como barreiras físicas com o fim de bloquear nevas (SILVA, 2020). Além disso, corroboram com esse pensamento Aiello (2010), que aponta que o uso de máscaras pela população consiste em uma

forma eficaz de se controlar a propagação de uma enfermidade durante uma pandemia de doença respiratória. Taminato (2020) complementa afirmando que a utilização de máscaras pela população reduz a quantidade e a eficácia das fontes de transmissão. É importante ressaltar, ainda, que a máscara atua como uma barreira de proteção impedindo o contato das mãos com as vias respiratórias.

MacIntyre (2020) cita um modelo matemático utilizado para calcular o efeito do uso de máscara facial por uma população durante uma pandemia de gripe, considerando uma eficácia de 20% para as máscaras e que se apenas 25% da população utilizasse esses equipamentos, haveria uma redução de 30% na transmissibilidade do vírus.

No Japão a população tem o hábito de utilizar máscaras em público. Esse comportamento surgiu no início do século XX, durante a pandemia da chamada gripe espanhola. Existem relatos de pessoas utilizando papel e ramos de folhas para cobrir o rosto e disfarçar o mau hálito. Tais relatos aconteceram em meados do século XVII. Essa construção histórica fortificou a ideia e a necessidade da utilização das máscaras no dia a dia, uma vez que, ao apresentar sintomas de gripe e resfriado, o indivíduo utiliza dessa prática como prevenção de contágio ao restante da população. Durante a epidemia da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), que se espalhou no sudeste asiático no ano de 2003, o Japão não teve nenhuma vítima fatal, enquanto na China foram registradas mais de 5.000 pessoas infectadas e 350 mortes.

Referente à influência do uso de máscaras pela população na contenção de uma pandemia de doença respiratória, Taminato (2020) ressalta o perigo do uso de máscaras faciais gerarem uma falsa sensação de segurança, resultando em um relaxamento em outras medidas de segurança como distanciamento de outros indivíduos e higienização das mãos. Em contraponto, Macário (2020) salienta que o uso das máscaras pode gerar um efeito positivo na população, contribuindo para a conscientização individual e coletiva no combate a doenças infecciosas. Corroborando com esse argumento, Garcia (2020) complementa que essa conscientização da população, devido ao uso das máscaras, foi de grande importância para auxiliar no controle da SARS, em 2002-2003, e que seria de suma importância na pandemia da COVID-19.

Variolação é um termo utilizado na medicina para definir uma resposta imune protetora gerada por uma exposição deliberada a um patógeno. Ferreira (2003)

relata que esse nome surgiu devido ao fato de essa técnica ter sua origem voltada ao combate da varíola. Existem relatos dessa técnica ser utilizada na China e na Turquia por volta de 1500 A.C. Alguns pesquisadores acreditam que a utilização de máscaras, durante a pandemia de COVID-19, pode estimular a produção de anticorpos que combatem o vírus através do processo supramencionado. Na teoria, acredita-se que a máscara não protege completamente contra o vírus, mas reduz a carga viral. Essa redução amplia as chances de casos assintomáticos, que não evoluem para os quadros mais graves ocasionados pelo Coronavírus, estimulando, assim, a produção dos anticorpos.

Pessoas com doenças respiratórias, como rinite e asma, podem apresentar problemas com a utilização dos equipamentos de proteção respiratória. Isso se dá pelo fato de a máscara causar irritações no nariz durante a utilização do mesmo. Com o objetivo de evitar essas situações indica-se que a pessoa procure testar dispositivos fabricados em outros tipos materiais, bem como outros produtos de limpeza para a realização da higienização do mesmo.

2.3.2 Padrões de fluxo respiratório e sua influência no projeto de máscaras

A norma regulamentadora ABNT NBR 12543:1999 define como o número de ciclos respiratórios por minuto. Tortora (2015, p. 485) afirma que um adulto saudável, em repouso, respira em torno de 12 vezes por minuto. São movimentados 500 ml de ar pelo pulmão a cada inspiração e expiração. Apenas 70% do ar inalado realmente chegará aos bronquíolos respiratórios e aos sacos alveolares.

Para Azeredo (2002) o valor da Força Muscular Inspiratória Máxima (Pimax), em um homem jovem, fica na faixa de 90 a 102 cmH₂O, já a Força Muscular Expiratória Máxima (Pemax) apresenta-se na faixa de 100 a 150 cmH₂O. Esses valores são extraídos através de testes realizados com diversas pessoas, assim validando os valores apresentados.

O fluxo de ar nos pulmões é inversamente proporcional à resistência das vias aéreas. Alguns indivíduos relatam a sensação de “falta de ar” ao utilizarem os equipamentos de proteção respiratória. Isso ocorre devido ao fato de as máscaras aumentarem a resistência das vias aéreas para a passagem do ar.

Outra origem da dificuldade de respirar ao utilizar o EPR pode ser a ansiedade (cujo sintomas são aumento de frequência respiratória, dor no peito e falta de ar) que intensifica essa sensação de asfixia. Agregando a afirmação anterior, Boiten (1998) disserta que as mudanças emocionais refletem-se diretamente na respiração do indivíduo através de alterações no ritmo, profundidade e frequência.

Caso haja uma obstrução nas Vias Aéreas Superiores (VAS), torna-se necessária a utilização da respiração oral. Aragão (1988) define que a respiração oral pode ocasionar modificações nos níveis respiratórios, aumentando a frequência do mesmo. É esperado que o usuário de um EPR note uma diferença ao respirar utilizando o equipamento, principalmente nas primeiras vezes em que se utiliza. Isso se dá pelo fato de que a máscara apresenta uma certa resistência para a passagem do ar, necessitando um esforço maior para a realização completa do processo. Esse esforço, com o passar do tempo, torna-se imperceptível devido ao fato de o organismo se adaptar a essa modificação em seu processo natural.

É imprescindível salientar que o equipamento não pode comprometer a respiração do usuário. Para isso, são realizados ensaios dos elementos filtrantes a fim de comprovar os valores de resistência a passagem do ar, esses testes são definidos e descritos na ABNT NBR 13697:2010. Tal norma regulamentadora define que a resistência do filtro à corrente de ar necessita ser a menor possível, não podendo, de forma alguma, exceder os valores especificados na Tabela 03.

Tabela 3 – Resistência máxima à respiração dos litros para artículas

Classe do filtro	Resistência máxima inicial (Pa)	
	Fluxo de ar contínuo de 30 L/min	Fluxo de ar contínuo de 95 L/min
P1	60	210
P2	70	240
P3	120	420
NOTA 1Pa = 0,01 mbar = 0,1 mmca		

Fonte: ABNT/NBR 13697, 2010

2.4 Projeto de produto

A velocidade nas mudanças tecnológicas é um dos traços mais marcantes das últimas décadas. Cada vez mais é exigido que as empresas se ajustem rapidamente às mudanças no comportamento dos consumidores ou no surgimento

de novos nichos de mercado. Para Borges e Rodrigues (2010), essas mudanças constantes exigem uma maior rapidez e dinamismo no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP). Ao encontro dessa observação, Filho (2006) afirma que a capacidade de reconhecer as carências do público consumidor e rapidamente se adaptar, desenvolvendo produtos que supram essas necessidades com um baixo custo, tem grande importância para o êxito das empresas.

O Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (PMBOK) define projeto como um empenho provisório com o intuito de conceber um resultado exclusivo, produto ou resultado. Ser temporário não significa, exclusivamente, ser de curto prazo, mas todo projeto deve ter prazo de início e de fim bem definidos. A definição de prazo de entrega tem grande importância para que não se perca o foco durante a execução do projeto, a fim de exigir maior responsabilidade durante a realização do mesmo. Existem metodologias para gerenciamento de projetos, denominados métodos ágeis, que definem entregas semanais e/ou mensais para garantir maior rapidez e eficiência na confecção dos projetos.

Borges e Rodrigues (2010) descrevem o desenvolvimento de um produto como um procedimento formado por diversas etapas. Slack (1995) vai mais além, pois estabelece que o grupo de atividades realizadas pelo projetista, objetivando-se atender aos desejos e necessidades do consumidor, é definido como projeto de produto. Há diversas ferramentas na literatura para que a equipe de projetos possa listar a opinião dos clientes a fim de organizar quais são os desejos mais pertinentes a serem aplicados ao produto.

Nessa mesma linha de pensamentos, Clark e Fujimoto (1991) apontam um modelo de projeto de produto simplificado, esse é constituído por um conjunto de atividades a fim de desenvolver, fabricar e montar os produtos. O modelo divide-se em: fase conceitual, planejamento do produto, engenharia do produto e engenharia de processo.

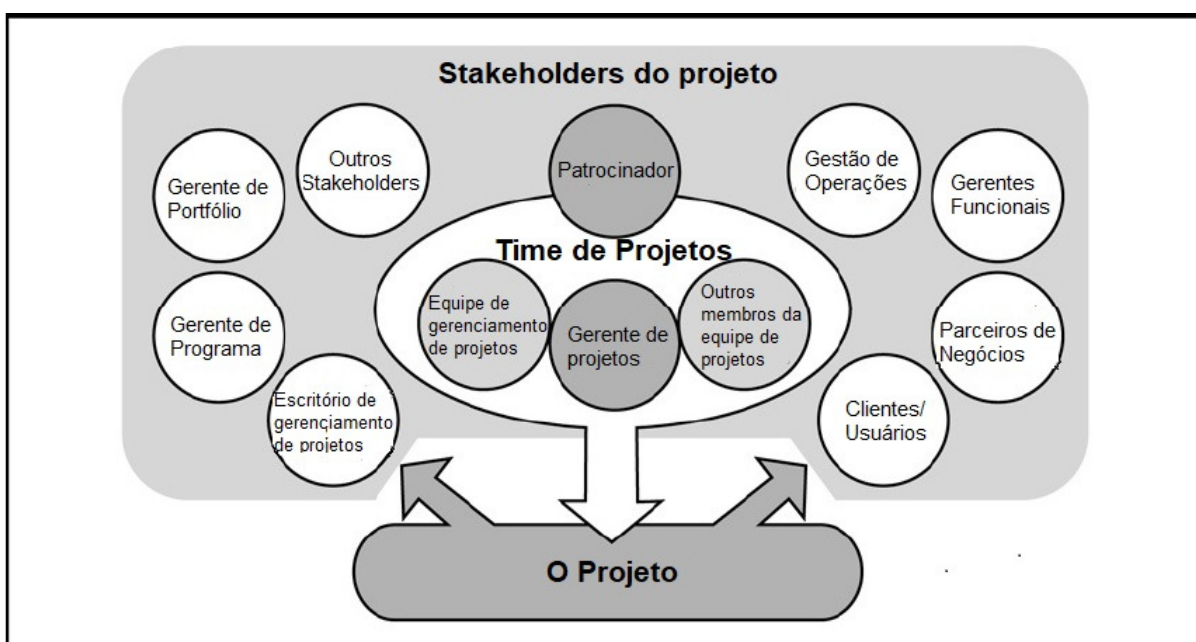
Referente às variáveis desses processos, Etchepare e Kindlein (2002) concluem que a escolha do material e dos métodos produtivos são os dois aspectos mais importantes que envolvem o projeto de um produto. Essas duas variáveis impactam diretamente no produto final de diferentes formas, uma vez que, caso o material selecionado tenha sido uma escolha equivocada, o produto pode ter sua vida útil drasticamente reduzida ou, dependendo de como for a aplicação, o produto pode ainda gerar acidentes e lesões às pessoas. Já a escolha do método de

produção, além do resultado técnico do produto, também impacta diretamente no custo do produto e afeta diretamente os lucros da empresa.

O excesso de modificações de engenharia em um produto, durante sua fabricação, é definido como um problema de desenvolvimento e aponta falhas na etapa de projeto do mesmo (BARKAN, 1992). Estorilio (2003) contribui elencando que os reprojeto e retrabalhos impactam diretamente no custo e na qualidade do produto. Uma vez que por questões comerciais o preço do produto não pode ser reajustado sem breve negociação com o cliente, o excesso de retrabalhos referentes a um produto reduz a margem de lucro da empresa, podendo até, em casos extremos, gerar prejuízo à empresa; tornando-se, assim, inviável o prosseguimento da fabricação do mesmo.

As partes interessadas, também denominadas como *stakeholders*, podem ser pessoas e/ou organizações envolvidas direta ou indiretamente no projeto e que possuem influência sobre o projeto ou que são influenciados pelo mesmo. São exemplos de *stakeholders*: clientes; fabricantes; fornecedores; patrocinadores ou o público em geral. Cada uma dessas partes interessadas interage de formas diferentes com o projeto, e é responsabilidade do gerente do projeto administrar esse processo. A Figura 2, extraída do Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (PMBOK), apresenta, através de um diagrama, como se relacionam o projeto e seus *stakeholders*.

Figura 2 – A relação entre as partes interessadas e o projeto



Fonte: retirada do livro *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos* (Guia PMBOK, p. 28)

2.4.1 Desdobramento da função qualidade (QFD)

O *Quality Function Deployment* ou Desdobramento da função qualidade (QFD) surgiu na década de 60 no Japão. É largamente utilizada na indústria automotiva. Essa ferramenta da qualidade visa permitir que os desejos e necessidades do consumidor final sejam incorporados ao produto (SLACK, 2009). Esse processo é executado por meio de matrizes que listam necessidades dos clientes e correlacionam com os requisitos técnicos necessários. Conhecido como “casa da qualidade” devido ao formato da matriz, também pode ser chamada de “voz do cliente” devido aos objetivos. Já Akao (1990) define QFD como uma transformação das necessidades dos clientes em atributos da qualidade, dessa forma desdobrando-se entre necessidades e os atributos, desde a qualidade nos componentes até os processos.

O QFD está diretamente ligado com a voz do cliente, identificando as solicitações dos clientes e como realizá-las. Esses objetivos são então transformados em ações. Esse método faz com que sejam realizadas menos alterações no projeto, permitindo que haja uma redução no tempo de desenvolvimento de um projeto, o que minimiza também os gastos da empresa no desenvolvimento e na fabricação de produtos.

Através do método QFD é possível identificar as reais necessidades dos clientes. Esse fato permite que a empresa possa desenvolver produtos que possam criar um vínculo com o consumidor, assim se destacando dos outros produtos do segmento onde estão inseridos. Corroborando com essa ideia, Pinto (2013) afirma que para a aquisição de um bem ou um serviço a preferência do consumidor não é o suficiente, pois além do preço e da preferência são necessários mais atrativos para o cliente consumir a aquisição.

Abreu (1997) define que a ferramenta QFD pode ser um eficaz mecanismo para realizar a implantação de benchmarking para serviços e produtos, uma vez que confronta o produto em questão com os dos concorrentes. Ao se comparar o próprio produto com os dos concorrentes, é possível identificar os diferenciais de cada

produto e as oportunidades de melhoria para equiparar os seus produtos aos da concorrência.

2.4.2 Aplicação da voz do consumidor para elaboração de requisitos de produto

A *Voice of the Customer* ou Voz do Consumidor (VOC) se trata de um *feedback* dos clientes de um determinado produto ou serviço, visando apresentar os desejos, as experiências e as expectativas dos clientes. No Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (PMBOK), a voz do consumidor (VOC) é definida como uma técnica de planejamento, objetivando-se captar verdadeiramente as necessidades e os desejos do cliente, de forma adequada, a produto e serviços. Nara (2014) expõe que a VOC tem a função de garantir o direcionamento correto da empresa para atender às solicitações vindas dos usuários.

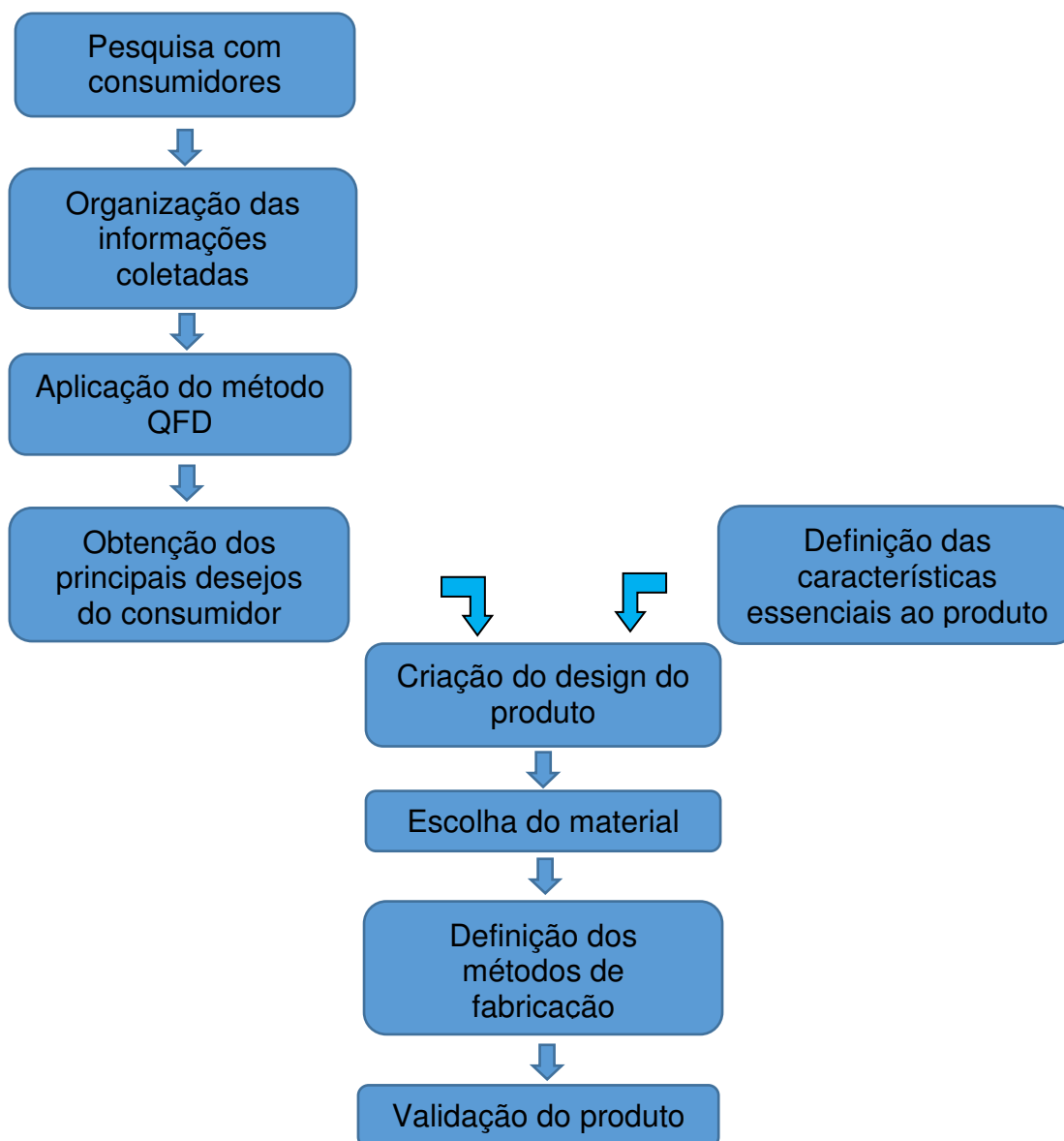
É fundamental, para que uma empresa se mantenha competitiva no mercado atual, buscar atender da melhor forma possível atender às solicitações e à necessidade dos consumidores em geral. Para isso, torna-se necessário coletar e organizar essa opinião dos clientes, elencando todas as oportunidades de melhorias, diferenciais dos produtos e novos nichos de mercado. Garvin (1993) afirma a importância de se manter os canais de comunicação com os clientes a fim de estimular o aprendizado operacional das instituições.

A escolha do modo de recolher o *feedback* dos clientes é de suma importância, podendo interferir diretamente na credibilidade das informações reunidas, impactando nos resultados finais do projeto. Encontram-se diversas formas de coletar a voz do cliente, a partir de métodos diretos ou indiretos, ou os dois combinados (CARVALHO, 2012).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo geral deste estudo é realizar o desenvolvimento de um equipamento de proteção respiratória não profissional. O mesmo deverá permitir a produção em larga escala a um baixo custo. O dispositivo em questão também deverá garantir a proteção do usuário e não dificultar a realização de tarefas. Para isso, serão desenvolvidos métodos de produção e o design do produto de forma a atender os requisitos listados nos itens subsequentes. Na Figura 3 tem-se o fluxograma demonstrando a sequência das etapas.

Figura 3 – Fluxograma de desenvolvimento do trabalho



Fonte: elaborada pelo autor

3.1 Projeto do produto

A partir da fundamentação teórica apresentada no capítulo anterior, foram aplicados os temas objetivando-se desenvolver um protótipo de uma máscara facial não profissional. Esse equipamento deverá atender às normas regulamentadoras desse segmento de produto, bem como atender às especificações da ANVISA para a produção do mesmo. Na sequência, serão apresentadas todas as etapas do produto, desde sua ideação até os métodos de produção a serem utilizados para o mesmo.

3.1.1 Pesquisa com consumidores

Optou-se por desenvolver um questionário, contendo perguntas optativas, a ser realizado com consumidores de equipamentos de proteção respiratória, a fim de coletar impressões e necessidades que serão utilizadas para o desenvolvimento do produto tema desse trabalho. Essa pesquisa foi realizada através da ferramenta *Google Forms*, que permite que a pesquisa seja enviada, através de um link, para diversas pessoas, o que possibilita uma maior quantidade de pessoas a serem entrevistadas, garantindo também a segurança das pessoas, uma vez que estamos atravessando uma pandemia. Essa ferramenta já compila, organiza e apresenta os resultados obtidos na pesquisa.

A pesquisa foi realizada com mais de 150 pessoas, de seis estados diferentes do Brasil, com diferentes idades e profissões. As entrevistas foram realizadas do dia 08/11/20 até 10/11/20 e todas as pesquisas foram respondidas de forma virtual, contribuindo, assim, para a agilidade do processo. Além de questionar a idade e a profissão dos entrevistados, também foram realizadas as questões apresentadas a seguir:

- Para você, em uma escala de 1 a 5 (onde 1 é pouco relevante e 5 é muito relevante) qual a importância da utilização de máscaras de proteção respiratória durante a pandemia do COVID-19?
- Quantas horas por dia você utiliza máscaras?
- Você troca de máscaras a cada quantas horas de utilização?
- Você teve problemas na utilização do equipamento de proteção respiratória? Se sim, que tipo de problemas você teve?

Além dos questionamentos apresentados acima, também se solicitou que os entrevistados avaliassem a relevância de diversas características que os dispositivos podem apresentar. Essa avaliação foi realizada através de notas de 1 a 5 dadas a cada um dos tópicos, onde 1 era pouco relevante e 5 era muito relevante. Na sequência, estão identificadas as características listadas e disponibilizadas aos entrevistados. É importante destacar, ainda, que se abriu espaço para que os mesmos citassem outras características que não estavam na lista. As características apresentadas foram:

- Design do produto (um produto esteticamente bonito);
- Ergonomia (conforto no uso);
- Custo (preço para aquisição do produto);
- Facilidade de respirar;
- Facilidade em realizar a higienização do equipamento;
- Evitar que a máscara embace as lentes dos óculos;
- Ser ecologicamente correto (possibilidade de reciclagem);
- Durabilidade do equipamento;
- Usabilidade (facilidade para utilizar).

3.1.2 QFD

Com o questionário realizado e as informações organizadas, tornou-se possível identificar as principais observações e desejos do público consumidor desse segmento de produtos. A partir disso, a etapa seguinte foi a aplicação do método QFD sobre esses tópicos levantados, de forma a se trabalhar quais características são relevantes e devem ser aplicadas no produto final. Do mesmo modo, será avaliada a viabilidade de se adicionar essas características do produto sem alterar sua essência ou elevar os custos de fabricação.

O método QFD cruza as principais solicitações dos consumidores, coletadas através da pesquisa, cruzando essas informações com as características projetadas para o produto. Dessa forma, é possível identificar quais características atendem mais as necessidades do público e devem ser priorizadas no projeto. A matriz também identifica que as características do produto são de qualidade linear, óbvia e atrativa. Esse modelo quantitativo é denominado como KANO e nele são trazidas as

qualidades que o produto precisa ter (qualidades óbvias), qualidades que trazem melhor performance ao produto (qualidade linear) e as qualidades que conquistam os consumidores (qualidade atrativa).

Na tabela foram atribuídas notas de 5 a 0 conforme o grau de relevância do quesito para o produto final, onde 5 era a nota para quesitos extremamente relevantes e 0 era para itens não relevantes.

A aplicação do método permitiu identificar as características do produto que melhor corresponderiam às necessidades dos consumidores, auxiliando, dessa maneira, na organização de prioridade e influenciando diretamente na definição do modelo final do produto.

3.1.3 Requisitos

As principais características e limitações às quais o equipamento de proteção respiratória deve atender ao final deste trabalho foram elencadas e abordadas nos subcapítulos apresentados nas próximas páginas, de forma a guiar o projeto durante toda a sua extensão.

Algumas características devem ser consideradas para este projeto, como menor tempo de fabricação, já que é um produto que tem uma grande demanda no mercado, e que deve ser de fácil ajuste e utilização. Além disso, o produto deve possibilitar uma produção em larga escala, visando ter o mínimo de componentes possíveis e podendo ser produzido com o mínimo de processos. Serão apresentados, em seguida, os requisitos ao qual o EPR deve atender.

3.1.3.1 *Fixação*

O equipamento de proteção respiratória deve possibilitar um fácil ajuste ao rosto do usuário. A fixação do dispositivo tem a responsabilidade de manter a máscara na posição correta no rosto do usuário. Normalmente as máscaras não profissionais utilizam alças feitas de material elástico para permitir um pequeno ajuste ao rosto da pessoa.

As alças fabricadas em material elastômero (elástico) trazem como vantagem a fácil adaptação do equipamento a diferentes biotipos, bem como a garantia de um ajuste firme ao rosto do usuário, assegurando o posicionamento correto da máscara

ao rosto do indivíduo. Outra vantagem apresentada pelo material supramencionado é que permite a lavagem, podendo ser higienizado juntamente com o restante do equipamento de proteção respiratória. Pode-se ressaltar como ponto negativo desse material a sua vida útil, uma vez que com a frequência de lavagens e utilização de produtos de limpeza, ocorre um encurtamento da vida útil, pois o material perde suas propriedades elásticas, sendo necessária à sua troca.

Outro material que apresenta características congruentes com as solicitadas para a utilização na fixação de máscaras é o silicone. Assim como os elastômeros possuem comportamento elástico, também permitem a lavagem do equipamento e apresentam uma vida útil superior ao do material citado anteriormente. Como características negativas, no entanto, pode-se ressaltar a menor maleabilidade, o que pode gerar irritações na pele ou até mesmo lesões.

3.1.3.2 Dispositivo de filtragem

O dispositivo de filtragem é vital para o equipamento de proteção respiratória e é responsável por impedir a passagem de impurezas e contaminantes presentes no ar. Existem diversas matérias primas para a fabricação de filtros que podem ser classificados em diferentes tipos conforme a sua capacidade de conter aerossóis e outras impurezas presentes no ar ambiente. Da mesma forma, a vida útil dos filtros varia conforme o seu tipo e qualidade.

Normalmente as máscaras classificadas como não profissionais são produzidas de tecido com uma ou mais camadas, esse já podendo realizar a função de material filtrante do equipamento. Em máscaras fabricadas em polímeros ou EVA torna-se necessário ter um sistema que permita a fixação e troca dos filtros de maneira simples e rápida, mas que não comprometa a eficiência do equipamento para impedir a passagem dos vírus.

Inicialmente idealizou-se desenvolver o equipamento de proteção respiratória com filtros substituíveis, mas ao decorrer do trabalho o projeto foi alterado. Com isso, definiu-se que o filtro (tecidos ou não tecidos) será fixo. Sua capacidade de retenção de aerossóis será classificada entre P1, P2 e P3 conforme descrito na norma regulamentadora ABNT NBR 13697:2010. O material selecionado deve suportar ser higienizado diversas vezes antes de perder suas propriedades filtrantes, isso se dá devido ao fato de que, como o filtro será fixo ao dispositivo, esse deve ter

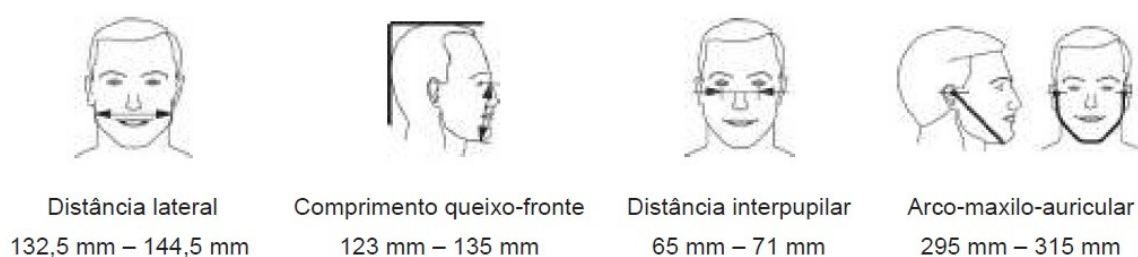
uma vida útil longa. Dessa maneira, a vida útil do material responsável por filtrar o ar definirá diretamente a vida útil do dispositivo completo.

3.1.3.3 Dimensional

A norma ABNT PR 1002:2020 define que as máscaras classificadas como não profissionais devem ter dimensões suficientes para cobrir o nariz, a boca e o queixo do usuário, impedindo a passagem do vírus presente em gotículas e aerossóis expelidos por pessoas contaminadas. A norma ABNT NBR 12543:1999 delimita que os equipamentos de proteção respiratórios devem apresentar um ajuste firme ao rosto dos usuários, impedindo, assim, a passagem de ar contaminado por essas brechas.

As dimensões principais para o modelo de uma máscara de proteção respiratória devem respeitar a morfologia média da população brasileira. Na Figura 4 temos algumas dimensões faciais presentes na ISO/TS 16976-2:2015.

Figura 4 – Dimensões faciais médias da população brasileira



Fonte: retirada da norma ABNT PR 1002:2020

3.1.3.4 Usabilidade

A definição de usabilidade no dicionário de língua portuguesa é dada como um termo com o fim de determinar facilidade e comodidade necessária para realizar-se uma tarefa ou utilizar um equipamento. A ISO 9241:11 define o que é usabilidade e os métodos para avaliar a usabilidade em um produto. A usabilidade apresenta-se no momento em que o usuário utiliza o sistema/equipamento para alcançar seus

objetivos, sendo definida pela eficácia, eficiência e satisfação obtidas pelo usufruidor durante o seu uso (ISSO 9241:11).

A usabilidade é um ponto crucial para o desenvolvimento do equipamento de proteção respiratória, tendo em vista que, por ser um produto que será utilizado por pessoas de diferentes faixas etárias, deve ser um produto de fácil manuseio, utilização e higienização. O produto supramencionado também deve ter o mínimo de componentes possíveis. Da mesma forma, o processo de aplicação e remoção da máscara deve ser feito de forma rápida e simples, bem como o ajuste.

O equipamento respiratório não deve apresentar arestas ou cantos com rebarbas, pois esses podem acabar causando desconforto ou até lesões ao rosto e às mãos do usuário. Além disso, o produto deve apresentar bom acabamento, facilitando, assim, a sua utilização e evitando acidentes aos usuários.

3.1.3.5 Produção em série

A produção de máscaras de proteção respiratórias de classificação não profissional é, em sua grande maioria, realizada de forma artesanal por empresas, trabalhadores autônomos ou artesões. Uma das principais razões para esse comportamento do mercado é devido ao maior número desses dispositivos serem fabricados em tecido, possibilitando a produção por qualquer pessoa que disponha de uma máquina de costura e que tenha conhecimentos básicos de como realizar o processo. Esse tipo de atividade se tornou uma opção de renda a fim de garantir o sustento dos mesmos durante a pandemia do COVID-19, mas esse equipamento tem grande potencial e diversas aplicações no mercado como um todo; logo, torna-se um nicho de mercado importante. Algumas empresas observando esse nicho de mercado, desenvolveram modelos desses produtos durante a pandemia, a maioria das grandes indústrias inseridas neste mercado possuem seus produtos fabricados de não tecidos e polímeros, desta forma obtendo-se uma maior produtividade quando comparadas a empresas que utilizam tecidos e costuras convencionais. A escolha dos materiais influencia diretamente nos métodos de fabricação a serem utilizados, assim sendo, deverá optar-se por materiais que permitam técnicas de produção de grande produtividade,

As técnicas de processamento de polímeros utilizadas na indústria, permitem a fabricação de uma grande quantidade de peças em pequenos espaços de tempo,

desta forma, as peças fabricadas em polímeros apresentam uma produtividade muito superior, quando comparadas a peças fabricadas a partir de outros materiais. Em contraponto, os maquinários utilizados no processamento dos polímeros apresentam grande robustez, conseqüentemente resultando em custos mais elevados, esse elevado investimento para aquisição faz com que nem todas as empresas utilizem essas técnicas.

3.1.3.6 Durabilidade

A vida útil de um produto consiste no período de tempo em que esse exerce o desempenho prometido de forma efetiva e sem problemas ou falhas. Existe uma obrigação legal do fabricante de garantir ao consumidor que o produto atenda às características prometidas, bem como à durabilidade e período de tempo de serviço prometidos na aquisição.

Durabilidade aplicada em dispositivos de proteção respiratórias não profissionais é um grande diferencial, destacando-se dos outros participantes desse mercado, uma vez que grande parte do mercado é composta por equipamentos produzidos de materiais descartáveis e/ou tecidos que com a frequência de lavagens tem sua vida útil reduzida. Além disso, materiais que suportem a higienização sem perderem suas dimensões destacam-se dos demais.

A vida útil desses componentes é drasticamente afetada pela necessidade de higienização constante, sendo indicada após cada utilização do produto. Ademais, são empregados na maioria das vezes produtos de limpeza altamente agressivos aos materiais desses dispositivos. Um exemplo disso é a água sanitária, principal produto indicado para higienização das máscaras por sua capacidade de eliminar microrganismos existentes. Esse produto é altamente corrosivo e pode danificar seriamente outros produtos se usado em quantidades erradas. Mesmo sendo diluído e usado em pequenas quantidades, com a frequência da utilização esse produto encurta a vida útil do produto. Por se tratar de um produto químico, traz riscos à saúde da pessoa que o manipula, necessitando de precauções e devendo ser utilizado somente por adultos.

Tratando-se de um produto voltado a um público adulto, esse equipamento deve apresentar resistências mecânicas contra impactos sofridos por quedas, bem como resistência por tração em caso de ajustes equivocados ou em trações

realizadas manualmente de forma intencional em brincadeiras. Mesmo não sendo um produto com esse foco, é de responsabilidade dos projetistas anteciparem possíveis ações por parte dos usuários e projetarem o produto a fim de resistir a essas solicitações.

As normas regulamentadoras ABNT NBR 13697:2010 e ABNT PR 1002:2020 especificam que os produtos destinados à proteção respiratória de pessoas devem apresentar resistência à utilização constante dos produtos, suportando o manuseio e as temperaturas do ambiente em que serão expostos.

Os tecidos e/ou não tecidos utilizados não serão abordados neste trabalho, serão adquiridos de empresas especializadas que comercializam estes produtos no mercado. Sendo assim, serão adotadas as indicações dos fabricantes no quesito de vida útil, validade, utilização, armazenamento e aplicações.

3.1.4 Concepção de produto

Após a realização da pesquisa com os consumidores, a organização das informações, a aplicação do método QFD e a descrição dos requisitos para o dispositivo, tendo, então, a conclusão destas etapas, o foco passou a ser, a partir disso, a concepção do produto tema deste trabalho. Na sequência, será apresentado o processo de desenvolvimento do design do produto, bem como o modelo final desenvolvido.

3.1.4.1 *Design do produto*

No princípio do projeto se idealizou fabricar toda a máscara em polímero, mas ao se iniciar realmente a etapa de criação do dispositivo e estudo dos métodos de fabricação, pode-se concluir que seria inviável essa realização. A principal razão foi o peso que o equipamento viria a ter e isso poderia causar desconforto e não agradar aos consumidores.

Após a primeira ideia idealizou-se por desenvolver apenas uma estrutura, uma espécie de arco, de polímero, e o restante do equipamento de tecidos e não tecidos próprios para utilização em máscaras de proteção, como por exemplo: PFF2, TNT antiviral e etc. Dessa forma, o dispositivo de proteção respiratória se enquadrará como uma peça facial filtrante. Em função disso, foi necessário pensar

um design que corroborasse com essas duas funções e que ainda permitisse ser fabricado com um baixo custo de ferramental. Assim, passou-se a desenvolver uma geometria mais simples.

O dispositivo desenvolvido consiste em uma estrutura, fabricada em polímero, com a função de sustentar o não tecido. Essa estrutura polimérica adapta-se ao resto do usuário a fim de impedir a passagem de ar que não seja através do dispositivo de filtragem (tecido/não tecido). Para que isso seja possível, o material polimérico selecionado apresenta características que permitem maleabilidade ao dispositivo para se moldar de forma fácil aos diferentes biotipos dos usuários.

O formato desse dispositivo de proteção respiratória foi inspirado em algumas máscaras de proteção respiratória utilizadas comumente durante a pandemia de COVID-19. Esses dispositivos também possuem larga aplicação na indústria para a proteção dos colaboradores. Podem-se observar, na Figura 5, alguns exemplos destas máscaras.

Figura 5 – Exemplos de máscaras



Fonte: retirada do site da empresa 3M

Também referente ao formato desenvolvido para o equipamento de proteção respiratória, necessitou-se levar em consideração o método de fabricação selecionado. Por se tratar de um dispositivo que será produzido através do processo de injeção, foi preciso levar em consideração todos os ângulos do produto de forma a facilitar o escoamento do produto durante a injeção, bem como evitar a existência de algum ângulo e/ou nervura no dispositivo que inviabilizasse a extração da peça de dentro do molde.

Outro ponto levantado na pesquisa foi o problema, encontrado por indivíduos que utilizam óculos, que tem dificuldades de utilizar máscaras por conta das lentes ficarem constantemente embaçadas. Isso se dá devido ao fato de o vapor liberado na respiração “escapar” pela parte superior da máscara, sendo direcionado para as lentes. A fim de solucionar esse problema, soluções foram procuradas a fim de que impedissem e/ou ao menos limitassem a passagem do ar por essa região do dispositivo, buscando-se direcionar o ar para outras partes do EPR que não causariam problemas semelhantes. Uma forma bastante comum para solucionar esse problema nos dispositivos de proteção respiratória são arames metálicos e/ou chapas fixadas na parte superior do dispositivo, localizando-se sobre o nariz do usuário. Esses mecanismos podem ser metálicos ou não metálicos e são denominados como clipe nasal. Tal mecanismo possui uma capacidade de se deformar plasticamente, moldando-se ao rosto do usuário e impedindo ou restringindo a passagem do ar por ali.

Para o dispositivo de proteção respiratória, tema deste trabalho, definiu-se por utilizar um arame metálico como modelo de clipe nasal. Esse item do dispositivo será comprado de terceiros. Tal material é facilmente encontrado no mercado, uma vez que se trata de um arame metálico de pequeno diâmetro, similar aos arames utilizados na indústria alimentícia para fechar pacotes de pães e biscoitos. Desse modo, não é necessário que a empresa realize o processo de fabricação desse material. Há duas possibilidades para a compra desse material: é possível comprar uma bobina inteira e cortá-la em pequenos pedaços conforme o comprimento desejado, ou se pode já comprar essa matéria cortada, sendo fundamental, nesse caso, optar por uma medida padrão disponibilizada pelo fornecedor.

Referente à espessura do polímero, no dispositivo, definiu-se utilizar a camada mais fina possível, que não comprometesse a resistência do dispositivo em questão, de modo que o dispositivo pudesse apresentar maior maleabilidade. Dessa maneira, permitindo, também, que o dispositivo se adaptasse as mais diferentes anatomias. A espessura constante para todo o dispositivo foi de 0,2 mm, agregando, assim, uma vantagem econômica devido a uma menor necessidade de material a ser utilizado. Outra vantagem que a espessura constante agrega ao processo é a de uniformidade da contração, evitando-se partes deformadas no equipamento.

3.1.5 Análise de viabilidade e desempenho

A análise de viabilidade e desempenho é uma função de extrema importância no gerenciamento de projetos, pois através dos mesmos é possível verificar se o produto final atende às especificações definidas nas fases iniciais do projeto, bem como comprova se é possível a fabricação e a comercialização do produto no mercado.

3.1.5.1 *Estudo de viabilidade*

Para iniciar o estudo de viabilidade desse produto será realizado um levantamento dos custos envolvidos no desenvolvimento do ferramental responsável pela fabricação do dispositivo. Os moldes existentes no projeto, além de serem peças complexas, também são expostas a condições severas de trabalho. Conseqüentemente, elas necessitam de produções em aços específicos, os quais possuam propriedades mecânicas ideais. Esses aços possuem um preço mais elevado se comparados a aços comuns. Para que tais aços possuam melhores propriedades mecânicas, são necessários processos de maior complexibilidade, o que resulta em um maior valor de mercado.

3.2 Fabricação

Respeitando um dos objetivos deste trabalho, o método de produção para a fabricação da máscara facial foi pensado de forma a possibilitar a produção do produto com o mínimo de procedimentos possíveis, contando com uma produção em larga escala deste produto ao menor custo possível. O material escolhido para a fabricação da máscara é o que define quais serão os processos de produção utilizados neste projeto.

A prática recomendada ABNT PR 1002:2020 estipula como um requisito para a fabricação em série de máscaras não profissionais a limpeza e secagem antes de se embalar e distribuir o produto. Essa lavagem deve obedecer às recomendações preestabelecidas neste documento: as máscaras devem ser imersas em um recipiente contendo água potável e água sanitária (2% a 2,5%) por pelo menos 30

minutos. Após esse tempo, as máscaras devem ser enxaguadas e lavadas, se possível utilizar água a uma temperatura de 60 °C ou superior a isso.

No presente trabalho não será abordado o método de fabricação dos tecidos/não tecidos utilizados no dispositivo, uma vez que esses produtos serão comprados de terceiros. Do mesmo modo, não será abordada a fabricação dos elásticos utilizados nas alças elásticas.

Em seguida, serão apresentadas e descritas todas as etapas e os processos de produção envolvidos na fabricação do equipamento de proteção respiratória, iniciando-se na escolha do material – que é fundamental para a definição de todos os processos de fabricação – chegando até a finalização e a higienização do dispositivo.

3.2.1 Escolha da matéria prima

A escolha do material é de suma importância para a definição dos processos de fabricação a serem utilizados no produto. A partir de todas as características que o produto deve atender, bem como os maquinários e ferramentais necessários para a realização da fabricação do EPR, iniciou-se o estudo na escolha do material que melhor se adequaria a todas as necessidades do projeto e que menos impactasse nos custos de fabricação do produto.

O polímero a ser utilizado no equipamento deve ser atóxico, para não causar nenhuma contaminação ou vir a causar irritação à pele do usuário. A matéria também precisa apresentar flexibilidade, de modo a permitir que o dispositivo se ajuste ao rosto do cliente sem gerar lesões e/ou desconforto. Outra característica importante para o polímero é a baixa absorção de umidade, isso devido ao fato de a máscara necessitar ser higienizada após cada utilização. Com isso, a vida útil do produto não pode ser reduzida por conta do contato constante com a água.

Outras características que influenciaram diretamente na escolha do polímero utilizado na máscara foram: ser moldável, ter baixo peso, ter resistência ao impacto e ter alta resistência à fratura por fadiga e flexão. O polímero selecionado também deve possibilitar ser injetado sobre o tecido, apresentando uma boa aderência ao mesmo, de forma a não necessitar ser colado posteriormente.

Com base em todos os fatores e características que o polímero deve apresentar e supramencionadas, optou-se por selecionar o polipropileno (PP) como

o polímero para realizar a injeção do dispositivo de proteção respiratória. Além de todas as características técnicas que esse polímero agrega ao produto, ele também agrega muito na parte econômica do projeto, uma vez que o custo de produção desse termoplástico é baixo quando comparado a outros. A faixa de temperatura para a realização da injeção desse polímero é de 180 °C a 230 °C.

Outra justificativa que contribuiu para a escolha do polipropileno para a fabricação do EPR foi a possibilidade de ser facilmente reciclável, pois isso agrega uma característica ecológica ao produto, o que através da pesquisa se mostrou ser um ponto de interesse dos consumidores. Além disso, outra vantagem dessa capacidade de reciclagem é o fato de apresentar uma redução de custos relacionados à matéria prima, uma vez que os produtos com defeitos e/ou sobras de materiais podem ser processados e serem injetados novamente na fabricação de novos produtos.

3.2.1.1 Tecido

Para a seleção do tecido/não tecido a ser utilizado no dispositivo de proteção respiratória, levou-se em consideração as recomendações da OMS e do Ministério da Saúde referentes aos principais tipos de tecidos a serem utilizados na fabricação de máscaras não profissionais, bem com quais desses são mais efetivos para impedir a passagem de microrganismos presentes no ar. Os principais tecidos e não tecidos indicados pela OMS para a fabricação de máscaras não profissionais são algodão, poliéster e polipropileno, indicando-se a utilização de duas ou mais camadas de tecido, de forma a ampliar a capacidade de filtragem do dispositivo. A OMS indica, também, que o ideal seria a fabricação de máscaras composta por, pelo menos, uma camada dos três tecidos citados anteriormente.

Outro ponto importante na etapa de seleção dos materiais foi referente aos métodos de fabricação, uma vez que o tecido selecionado estará exposto às altas temperaturas envolvidas no processo de injeção, bem como às pressões exercidas pelos ferramentais. Como o polipropileno, polímero selecionado para a fabricação do EPR, pode ser realizado a temperaturas acima de 180 °C, torna-se inviável a utilização de tecidos a base de algodão, uma vez que esses suportam uma temperatura máxima de até 150 °C antes de se degradarem. Logo, buscou-se um modelo de não tecido que suportasse a temperatura de trabalho sem ocasionar a

degradação do mesmo. Na literatura, identificou-se que o poliéster suporta uma temperatura superior a 180°C, perdendo as suas propriedades a partir de 220°C.

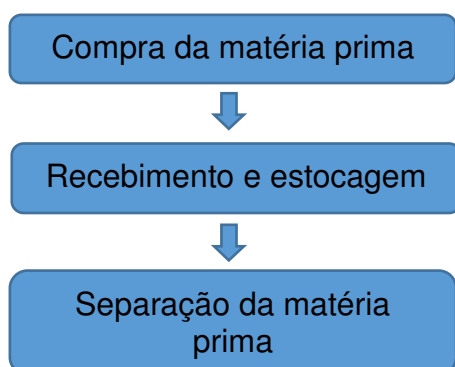
3.2.2 Técnicas de fabricação aplicadas

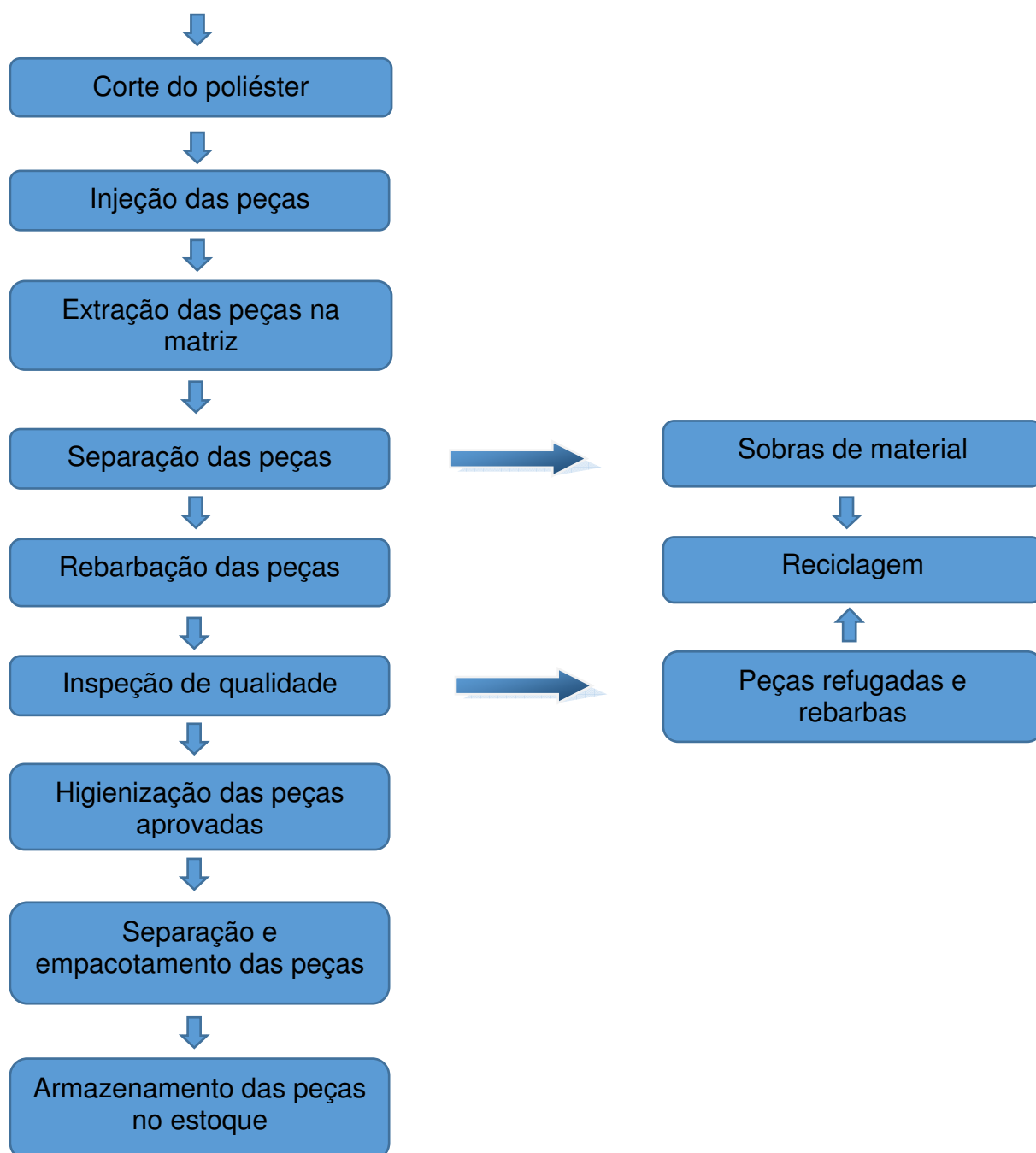
O equipamento de proteção respiratória, tema deste trabalho, será parcialmente fabricado em polímero. Com isso, torna-se necessária a aplicação de um método de processamento de polímero para a fabricação do dispositivo. Os polímeros termoplásticos podem ser processados através de diferentes processos. Esses variam conforme a geometria do produto final, aplicação, características e estrutura. Dessa forma, para selecionar o processo que melhor atende à necessidade, o projetista necessita levar todas essas particularidades em consideração. Existem quatro principais métodos de processamento dos polímeros termoplásticos, sendo eles: extrusão, injeção, sopro e termoformagem.

Baseando-se nas principais características do EPR, bom como na sua aplicação e geometria, definiu-se por aplicar a técnica de injeção de polímeros. Dessa maneira, é possível fabricar o dispositivo em uma única máquina injetora. Assim, o espaço fabril necessário para a fabricação do equipamento tema deste trabalho não necessita ser muito grande, uma vez que o único grande maquinário para processamento do polímero será a injetora de polímeros. O restante do espaço pode ser destinado aos demais setores. Outros processos, como termoformagem, necessitam de processamentos anteriores ao polímero, geralmente a extrusão das chapas a serem moldadas. Isso faz com que o gasto com maquinário seja superior quando comparado ao processo de injeção. Os gastos com energia elétrica e mão de obra também são superiores ao projeto de injeção.

No organograma da Figura 6 apresenta a sequência de processos de fabricação utilizado no EPR, desde a matéria prima até a entrega do produto final.

Figura 6 – Fluxograma de desenvolvimento do trabalho





Fonte: elaborada pelo autor

3.2.2.1 Processo de injeção

O processo de injeção de polímeros é um dos métodos de produção mais utilizados na indústria deste segmento de produtos, por se tratar de um processo simples e que permite a produção de produtos que apresentem uma geometria

pouco complexa até algumas geometrias mais complexas. Esse processo também permite a produção em larga escala, uma vez que um ciclo completo de injeção (desde o aquecimento até a extração) leva pouco tempo se comparado a outros processos.

A partir das observações descritas anteriormente, definiu-se por injetar somente uma estrutura, feita de polímeros, com o fim de oferecer sustentação e forma a uma máscara de tecido e/ou não tecido, similar às máscaras de pano simples que se popularizaram, principalmente, no enfrentamento da pandemia de COVID-19. Apesar de resolver um problema do excesso de ferramental, surgiu um novo problema com esse novo design do produto: como fixar o tecido à estrutura polimérica? Presilhas e/ou uma estrutura bipartida poderiam fixar, mas trariam à tona novamente o problema de excesso de ferramental.

Com isso, foi decidido colocar o tecido dentro do molde de injeção e realizar a união dos dois produtos durante o processo de injeção. Injeção sobre tecido, também conhecida como *In Mold Decoration* (IMD) ou *backmolding*, trata-se de um processo de injeção não tradicional e razoavelmente novo. O processo visa à produção de peças plásticas com um revestimento de tecido durante apenas uma etapa de produção, tornando-se, assim, possível aumentar a produtividade do produto, além de apresentar uma qualidade superior quando comparado a um processo de colagem separado da injeção.

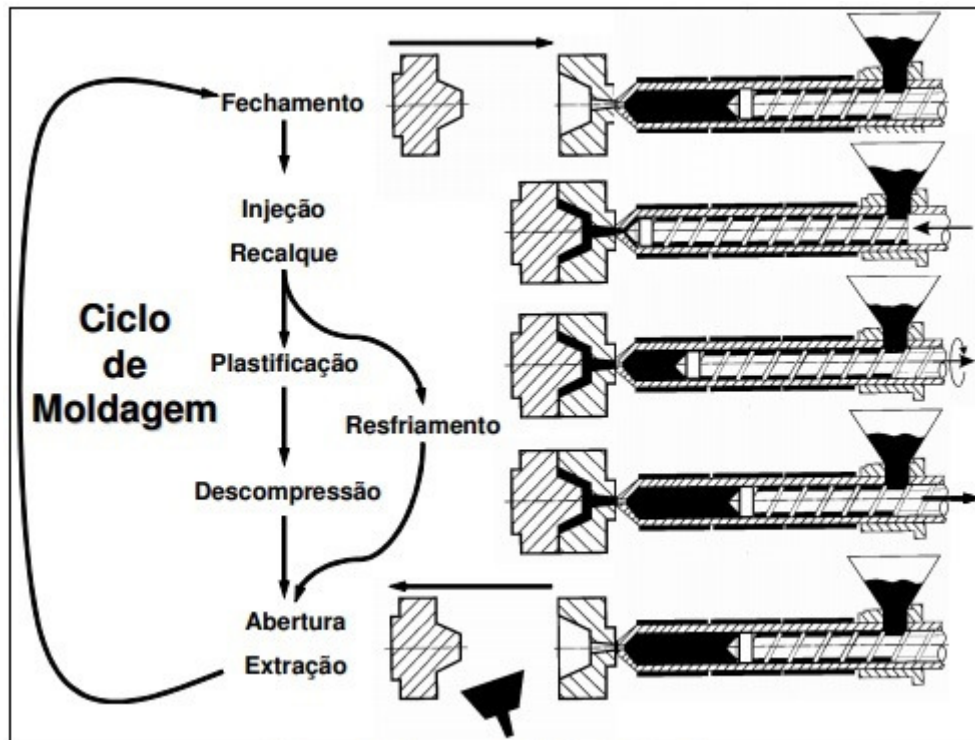
A inclusão do tecido no interior da matriz agrega maior complexibilidade ao processo de fabricação. Os principais problemas atrelados a este método são: a migração do polímero através do tecido, a ruptura do tecido e o enrugamento do tecido por conta do fluxo do material. Para a realização desse processo é necessário trabalhar com o mínimo de pressão possível, isso para o polímero não atravessar o tecido nem causar a ruptura do tecido por cisalhamento. Essa menor pressão auxilia na redução de diferenças de espessura na peça e nas marcas de fluxo.

O tecido aumenta o atrito com o fluxo do material injetado, isso altera o escoamento do material dentro da matriz. Com isso, é necessário atentar-se para a velocidade de injeção do material. Outro ponto em que o tecido influencia na injeção da máscara é na questão do resfriamento, que precisa ser um pouco maior do que se fosse em um processo comum. Isso se dá porque o tecido não conduz o calor tão bem quanto o aço. Devido ao resfriamento e à fixação do tecido na matriz, ele ainda é mais rápido do que se comparado ao processo comum de injeção mais a etapa de

colagem e secagem do tecido ao polímero. Para o processo IMD da máscara, buscou-se reduzir ao máximo as arestas do molde de injeção, evitando, assim, a existência de cantos vivos e reduzindo, conseqüentemente, a possibilidade de danificar ou até mesmo cortar o tecido.

O processo de injeção de polímeros se trata de um processo cíclico. Esse é constituído de uma seqüência de etapas que devem ser realizadas da forma correta. Tal conjunto de etapas é denominado como ciclo de injeção. Na Figura 7 é apresentado um ciclo comum de injeção. Cada uma das etapas exige a utilização de parâmetros específicos e, em caso de utilização equivocada desses parâmetros, ocasiona-se erros no processo, interferindo diretamente na qualidade do produto final. O ciclo de injeção da máscara de proteção respiratória apresentará duas etapas a mais que um ciclo apresentado na figura, uma vez que a primeira etapa do ciclo será a fixação do não tecido e do arame metálico no molde de injeção, bem como necessitará de uma etapa para a liberação do tecido, a fim de que se torne possível a extração de todo o EPR do molde em questão.

Figura 7 – Etapas do ciclo de injeção



Fonte: retirada do livro *Dossiê técnico – Simulação computacional do processo de injeção em ambiente virtual* (p. 8)

O tempo de cada ciclo não é exatamente igual aos outros. Isso se dá pelo fato de o tempo ser influenciado por algumas variantes existentes no processo. Essas variantes são: temperatura ambiente, quantidade de ciclos realizados no turno até o momento, pressão, desgaste da matriz, lubrificação, etc. O arame metálico, que é o clipe nasal do dispositivo, será inserido na máscara já no processo de injeção, assim como o tecido. Para isso, será utilizado o processo conhecido como injeção sobre insertos metálicos. Esse tipo de processo é empregado nas mais diversas áreas da indústria, como na indústria automotiva e até mesmo na área médica.

O processo de injeção do equipamento de proteção respiratória, tema deste trabalho, será uma fusão do processo de IMD com o processo de injeção sobre inserto metálico. Para isso, será necessário fabricar o molde de injeção que permita a realização de ambos os moldes ao mesmo tempo. Da mesma forma que no processo IMD, o processo com inserto possibilita que não seja necessária a realização dessa etapa em um processo separado aos dos outros. Tal processo traz uma melhor qualidade para a fixação do metal no polímero, bem como traz a redução de processos posteriores ao produto.

3.2.2.1.1 Molde de injeção

A matriz de injeção é o componente central de todo o processo de injeção de polímeros, sendo responsável por dar o formato final à peça processada. O molde de injeção influi diretamente nas propriedades da peça, uma vez que interfere diretamente nas tensões internas do objeto. Como se planeja produzir o EPR em larga escala, o molde de injeção será fabricado em aço AISI P20, e a escolha desse aço se dá por suas propriedades, trazendo melhor performance e durabilidade ao molde pois apresenta maior resistência ao desgaste; conseqüentemente, será possível realizar um maior número de ciclos de injeção entre as paradas para a realização de manutenção preventiva. Outra vantagem que o aço traz é maior uniformidade da temperatura do que quando comparado a um molde fabricado em alumínio.

Entretanto, o molde em aço atribui maior tempo necessário ao resfriamento da peça, isso devido ao fato de o alumínio ser melhor condutor de temperatura. Além disso, outro ponto a ser observado é que o custo inicial para a produção da matriz de injeção em aço é superior quando comparado ao custo do mesmo em

alumínio. Isso acontece por causa do custo da matéria prima, bem como do ferramental para realizar a usinagem do material, em função das suas características técnicas.

O AISI P20 é um aço de baixa liga que apresenta boa usinabilidade. Também possui uma alta probabilidade, possibilitando, desse modo, alcançar uma superfície espelhada. Essa característica faz com que o polímero possa apresentar uma melhor fluidez dentro do molde, o que reduz a possibilidade de problemas resultantes de uma má fluidez. Suas principais aplicações na indústria são para a fabricação de matrizes de injeção de polímeros, como também para moldes destinados à fundição de ligas leves sob pressão. O molde se trata de uma peça complexa, formada pelas placas em que o material é injetado e pelos pinos extratores responsáveis por ejetar a peça da matriz. O EPR foi projetado a fim de simplificar ao máximo o ferramental de injeção. A usinagem da matriz necessita ser realizada em máquinas CNC, isso devido à grande exatidão exigida nesse tipo de dispositivo, uma vez que uma pequena falha pode comprometer todo o processo.

A matriz de injeção foi projetada no software Solid Works 2019-2020 (versão para estudantes). A matriz de injeção foi projetada a partir do projeto final do dispositivo de proteção respiratória, para isso foi necessário considerar o coeficiente de dilatação do material e do ferramental, juntamente com o do polímero, a fim de não causar alguma falha durante o processo.

Para o projeto da matriz também se levou em consideração que o tecido e/ou não tecido, que reveste todo o corpo da máscara, é unido à estrutura já no processo de injeção do polímero. Com isso, tornou-se necessário projetar a geometria da matriz de tal forma que o tecido ficasse estático durante todo o processo de injeção, reduzindo, assim, a possibilidade do polímero e do tecido se desencontrar durante a fabricação. Para tanto, criou-se um mecanismo que funciona como uma espécie de grampo. Logo, o tecido é fixado à matriz antes de se realizar a injeção. Dessa forma, o posicionamento correto do tecido ao longo de todo o processo é garantido. O molde não pode permitir vazamentos do material polimérico, não podendo apresentar folgas nem desalinhamentos excessivos.

O processo de injeção também contará com a utilização de um inserto metálico, o clipe nasal. Dessa maneira, o projeto do ferramental necessitou ser adaptado de forma a permitir a realização do procedimento. O design do molde se

tornou mais complexo devido à necessidade de fixação dos materiais (clipe nasal e tecido) durante o processo de injeção.

Assim como o dispositivo deve manter todos os componentes no lugar na injeção, ele não pode inviabilizar a extração da peça ao final do processo. Para isso, projetou-se o dispositivo de fixação do tecido de forma a permitir a extração da peça de forma rápida, bem como a fixação do tecido para a próxima injeção também, reduzindo-se, então, o tempo entre ciclos de injeção do equipamento e deixando a máquina “parada” o menor tempo possível. O molde de injeção é constituído de diversos componentes, cada um com suas características e aplicações. Esse ferramental é constituído respectivamente por:

1. Placa de fixação do lado fixo;
2. Placa de fixação do lado móvel;
3. Molde macho;
4. Molde fêmea;
5. Placa de apoio injeção;
6. Placa extratora;
7. Contra placa extratora;
8. Anel de centragem;
9. Bucha de injeção;
10. Colunas espaçadoras;
11. Fixação para tecido;
12. Pino extrator;
13. Colunas de guia;
14. Encosto padrão;
15. Trava;
16. Anel de encosto (Arruela);
17. Parafuso Allen para fixação (M8 e M12).

As placas de fixação possuem, ambas, as dimensões de 200 mm X 200 mm X 25 mm. Ambas as placas também possuem um rebaixo em sua superfície para facilitar a fixação na injetora através das pinças do maquinário. Além disso, tanto a placa do lado fixo quanto a do lado móvel possuem oito furos para permitir a fixação na injetora através de parafusos.

O anel de centragem, como o próprio nome já diz, tem a responsabilidade de centralizar a matriz de injeção na máquina, o que garante o alinhamento do bico de injeção da injetora com o molde de injeção. As colunas guias que compõem o molde de injeção possuem um diâmetro em seu corpo de 18 mm, já em seu topo o diâmetro é de 28 mm. Esse ressalto em seu topo tem como função fixar a coluna ao molde. Na outra extremidade da coluna há um chanfro que possui uma função de convite, o que facilita a entrada no furo pertencente à matriz oposta. Essas colunas servem como guias para que não ocorra um desencontro entre a matriz macho e fêmea durante o processo de injeção.

3.2.2.1.2 Dispositivo de fixação do tecido/nãotecido na matriz de injeção

Por se tratar de um processo de termo formação, o processo de injeção se dá através do calor. Devido a isso todos os ferramentais utilizados devem suportar as temperaturas decorrentes do processo. Para realizar a fixação de um novo tecido dentro do molde de injeção, por questões de segurança do operador que realiza a operação, mostrou-se necessária a utilização de um dispositivo que permitisse essa fixação sem colocar o colaborador em risco. A troca de tecido deve ser realizada sem que o colaborador tenha contato direto com a superfície da matriz, sendo assim foi desenvolvida uma ferramenta para liberar e prender o tecido na posição desejada.

O dispositivo responsável por fixar o tecido na matriz não necessita ser do mesmo material que o restante do molde de injeção, isso se dá pelo fato de não estar exposto às mesmas condições severas a qual a superfície da cavidade do molde, a qual entra em contato direto com o polímero injetado. Assim como o EPR e a matriz, o dispositivo de fixação do tecido foi projetado através do software Solid Works. Esse dispositivo irá funcionar como uma espécie de presilha ou braço mecânico, sendo acionada conforme necessário.

3.2.2.1.3 Dispositivo de expulsão

O dispositivo de expulsão, como o nome já indica, trata-se do mecanismo responsável por realizar a remoção da peça injetada do interior do molde. Esse dispositivo foi projetado em AISI P20, assim como o molde de injeção. Tal mecanismo consiste em uma espécie de pino ou pistão que fica integrado à matriz.

Ao finalizar-se a injeção e ocorrer a abertura da matriz, esse dispositivo é então projetado alguns milímetros para além da superfície da matriz, empurrando a peça para fora do molde.

Como será realizada a injeção de um EPR por ciclo de injeção, além do fato de o equipamento de proteção respiratória ter uma estrutura de baixa complexibilidade, a extração do dispositivo da matriz necessitará de apenas quatro pontos de concentração para a realização da tarefa.

3.2.2.1.4 Injetora

A máquina injetora de polímeros é o principal maquinário no processo de fabricação do equipamento de proteção respiratória. As injetoras realizam a fusão e a moldagem do material através de calor e pressão. O material fundido é conduzido para a cavidade do molde e, após seu resfriamento, o polímero apresenta a geometria desejada.

Existem diversos modelos de injetoras no mercado, desde as mais simples até as mais complexas (modelos automatizados). Para o equipamento de proteção respiratória foi escolhido utilizar o modelo de injetora Jasot 260-100. A principal razão para a escolha desse modelo se dá em função da injetora existente no laboratório de mecânica da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), campus São Leopoldo, onde pode ser ensaiado os métodos de fabricação antes de serem aplicados à indústria.

Segundo o catálogo do fabricante, essa injetora tem capacidade para injetar todos os tipos de termo plásticos. Também possui uma faixa de fechamento de 85 a 450 T. O volume de injeção é de 100g a 3,6kg. Na figura 8, a seguir, é apresentada a injetora horizontal utilizada neste trabalho.

Figura 8 – Jasot 260-100



3.2.2.2 Rebarbação

Após os dispositivos serem extraídos da matriz de injeção, são então encaminhados para a etapa de rebarbação. Nessa etapa são retiradas as rebarbas de polímeros e sobras do material remanescentes do processo de injeção, bem como os excessos de tecidos, uma vez que o tecido colocado na matriz possui dimensões superiores às dimensões finais do produto. Todo o processo de retirada de material sobressalente na peça é feito de forma manual. Essa remoção de material é feita com estilete e, por se tratar de um material cortante, deve ser utilizado por um profissional treinado e sempre utilizando os EPIs, reduzindo, assim, a possibilidade de acidentes.

A etapa de rebarbação no processo IMD é maior quando comparada ao processo comum de injeção de polímeros. Contudo, esse tempo é compensado por não necessitar de uma etapa específica para a realização da colagem e para a secagem da cola.

3.2.2.3 Inspeção da qualidade

Essa etapa é realizada pelo setor de controle da qualidade, tendo como objetivo inspecionar as peças a fim de verificar se elas atendem às especificações técnicas realizadas pelo setor de engenharia. Essas determinações são as dimensões do dispositivo, a existência de deformações ocorridas no processo, defeitos superficiais, sobra de rebarbas, entre outras. As peças que podem ser corrigidas são então retrabalhadas, já as peças que não podem ser consertadas são destinadas ao refugo, onde posteriormente serão destinadas à reciclagem.

A verificação é feita seguindo-se uma sequência de itens que o inspetor deve seguir e observar. Esse *checklist* é montado através de uma tabela de Excel. Se houver qualquer divergência na peça, ela deve ser imediatamente segregada das outras. Deve-se separar o tecido do plástico e então destinar o polímero à reciclagem. Caso seja um problema passível de conserto, a peça então deverá ser identificada para retrabalho, o qual será realizado posteriormente.

Por se tratar de um produto moldado termicamente e que possui uma aplicação onde pequenas divergências dimensionais não apresentam riscos ao produto, as tolerâncias dimensionais do produto permitem uma maior variação sem necessitar descartar os EPRs. Por conta disso, as medições das dimensões do EPR serão realizadas com um paquímetro.

3.2.2.4 Higienização dos dispositivos

Conforme supramencionado, as normas exigem a higienização de 100% das máscaras não profissionais antes de serem comercializadas. Além disso, as normas também descrevem a temperatura da água a ser utilizada, a quantidade de água sanitária a ser diluída na água, bem como o tempo mínimo para cada lavagem. Para a realização dessa etapa do processo definiu-se por utilizar uma máquina com capacidade de lavar até 30 kg por lavagem. Essa máquina é própria para aplicações industriais e permite realizar a processo atendendo às normas preestabelecidas.

O modelo selecionado foi o RLX-30, do fabricante de máquinas de lavar industriais Rufino. Na Figura 9 é apresentado o dispositivo. O mesmo possui uma capacidade de lavagem de 30 kg, a potência do motor de 5,51 KW, consumo elétrico médio de 2,2 kW/h. O cesto fabricado em AISI 304, com as dimensões de Ø 900 mm X 500 mm. Todas as superfícies em contato com a água são fabricados ou revestidos de inox.

Figura 9 – Máquina de lavar industrial RLX-30.



Fonte: retirada do site do fabricante do dispositivo, Rufino lavanderia. Disponível através do link: <https://www.rufinoequipamentos.com.br/produtos/lavadora-extratora/>

Após a lavagem e a secagem do dispositivo serem encerradas, as peças são separadas e embaladas em pacotes plásticos. Isso evita a contaminação do dispositivo até ser entregue nas mãos do usuário.

3.3 Análise de desempenho

Para o dispositivo de proteção respiratória desenvolvido no presente trabalho, foram especificados alguns critérios para tornar possível analisar e qualificar o desempenho obtido como o produto desenvolvido. Esses tópicos se dividem em: capacidade de retenção de partículas, influência na respiração e ergonomia. Esses serão abordados e desenvolvidos ao longo do texto.

3.3.1 Simulação computacional

Após o desenvolvimento do dispositivo de proteção respiratória, bem como o dos ferramentais envolvidos no processo de injeção, realizou-se a simulação computacional (através do software Solid Works 2019) a fim de analisar a fluidez do material dentro da cavidade do molde. Também foi analisada a presença de soldas frias do EPR, além de pontos de falha do mesmo. Devido à pandemia de COVID-19, não foi possível a fabricação do protótipo desse dispositivo nos laboratórios da universidade. Tendo em vista isso, definiu-se por realizar a simulação computacional do dispositivo. Para a realização das simulações computacionais foi utilizada a ferramenta Solid Plastic, que já é incluída dentro do software Solidworks.

Essas ferramentas são utilizadas na indústria de polímeros e de moldes de modo a simplificar o desenvolvimento de peças e ferramentais. Como o software identifica os problemas na peça e no ferramental ainda na fase de projetos, é possível corrigir as falhas antes de se produzir as peças. Dessa maneira, economiza-se tempo de produção e custos também.

3.3.2 Capacidade da máscara de reter partículas presentes no ar

A capacidade de retenção das partículas existentes no ar é dada pela classificação de material filtrante selecionado para compor o equipamento de

proteção respiratória. A norma ABNT NBR 13697:2010 define que o elemento responsável por realizar a fixação do filtro junto à máscara não pode permitir vazamentos de ar, o que garante que todo o ar inspirado pelo usuário passe pelos filtros do equipamento, garantindo, assim, a eficiência do mesmo também.

Para máscaras não profissionais, fabricadas em camadas de tecidos e não tecidos, a OMS e outros órgãos de saúde indicam a troca dos dispositivos faciais em períodos de 3 a 4 horas, a fim de garantir que os equipamentos trabalhem em sua capacidade total de filtração. Do mesmo modo, para os demais dispositivos, é necessário realizar a higienização do dispositivo após a sua utilização. A não execução desses procedimentos compromete severamente a capacidade do material filtrante de filtrar os agentes biológicos presentes no ar ambiente, tornando o equipamento ineficiente e trazendo riscos à saúde do usuário. Essa perda se dá pelo fato de que quando o usuário fala ou apenas respira, são liberadas gotículas de saliva e nevoa no ar expulso. Tais gotículas e vapores, ao se chocarem com o dispositivo, umedecem o filtro e a umidade, reduzindo drasticamente a capacidade de filtração do dispositivo, o que invalida a sua função e torna necessária a sua substituição.

Realiza-se uma inspeção visual no equipamento, a fim de identificar alguma fissura que permita a passagem do ar, sem ter que passar pelo dispositivo de filtração. Uma fissura no dispositivo inutiliza sua função de proteção. Com isso, todo equipamento identificado visualmente com fissuras deve ser segregado do restante da produção.

Somente a realização da inspeção visual não é suficiente para garantir que o dispositivo apresente real eficácia de retenção de aerossóis presentes no ar. É necessária também a realização de testes que comprovem o mesmo e esses testes são apresentados nas normas regulamentadoras.

3.3.3 Influência na respiração

O produto tema deste trabalho não poderá ocasionar limitações à capacidade respiratória do consumidor, de forma a limitar duas atividades. O que se busca com esse produto é justamente o contrário: permitir que as pessoas possam realizar suas atividades habituais normalmente com o acréscimo da proteção contra os agentes biológicos trazidos no dispositivo.

Como um dos nichos de mercado para produto em questão é para praticantes de esporte e atividades em espaços abertos, é fundamental para o produto apresentar a menor resistência possível para a passagem do ar, interferindo, assim, o mínimo possível no fluxo e no ritmo de respiração dos consumidores do produto. Para isso, aplicou-se o maior número de passagens de ar possíveis sem comprometer a resistência, o *design* ou a funcionalidade do produto.

3.3.4 Ergonomia

O equipamento de proteção respiratória não pode atrapalhar o usuário a realizar suas atividades, em função disso a máscara deve se acomodar bem ao rosto do usuário, de forma firme, não saindo da posição durante as movimentações exercidas. Além disso, o equipamento não pode gerar lesões ao usuário. Para tanto, o EPR deve ser fabricado em material flexível, adaptando-se ao formato do rosto do usufruidor. As tiras de fixação não devem irritar a pele e devem permitir serem ajustadas para adaptarem-se à anatomia específica de cada indivíduo.

A ergonomia influencia diretamente na aderência da máscara por parte do público consumidor, uma vez que se o EPR causar desconforto ao usuário ou atrapalhar de alguma forma suas tarefas, logo será substituída por um modelo que forneça essas qualidades. O primeiro teste a ser realizado, a fim de comprovar se o equipamento atende às especificações de ergonomia exigidas para um equipamento de produção individual, consiste em um teste visual realizado durante as etapas de proteção. Esse teste visa identificar se o dispositivo apresenta alguma superfície pontiaguda que possa vir a lesionar o usuário, da mesma forma visa observar algum sinal de ressecamento no material que possa machucar a pele em caso de contato direto. Um teste visual busca avaliar quesitos que não podem ser avaliados através de testes quantitativos. Os dispositivos identificados com essas imperfeições devem ser segregados do restante da produção.

A avaliação de ergonomia a ser realizada no equipamento de proteção respiratória será uma verificação de uma série de requisitos preestabelecidos. Essas características foram definidas com o objetivo de cumprir especificações presentes em normas e/ou solicitadas pelo público consumidor através da pesquisa. Esses requisitos são:

- Material flexível que permita que o dispositivo se adapte facilmente a diferentes biotipos e características físicas;
- Regulagem das alças de fixação;
- Dimensões do produto dentro do especificado nos desenhos técnicos do produto;
- Dispositivo (clipe nasal) que permita que a máscara se molde bem ao nariz do usuário, impedindo ou reduzindo a passagem de ar de forma a impedir que as lentes de óculos embacem.

Além da análise supramencionada, também poderá se realizar uma pesquisa com o público que testar o protótipo. Desta forma, pontuando a adaptação e nível de conforto do EPR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos resultados obtidos na pesquisa realizada com os consumidores se evidenciou as principais características desejadas pelos consumidores de equipamentos de proteção respiratória. Igualmente, identificaram-se informações importantes para a definição do projeto como: tempo de utilização do dispositivo, tempo entre trocas de EPR e principais problemas identificados nos produtos disponíveis no mercado. O método QFD possibilitou, ainda, identificar quais características do equipamento atenderiam da melhor maneira as necessidades apresentadas na pesquisa. Desse modo, tornou-se possível priorizar as principais características do produto.

Na pesquisa de mercado serão apresentados outros equipamentos de proteção respiratória não profissional, similares ao EPR, tema deste trabalho, que são disponibilizados no mercado. Apesar de cada dispositivo apresentar características bem distintas, é possível contatar que há mercado para equipamentos de diferentes faixas de preços.

4.1 Resultados obtidos

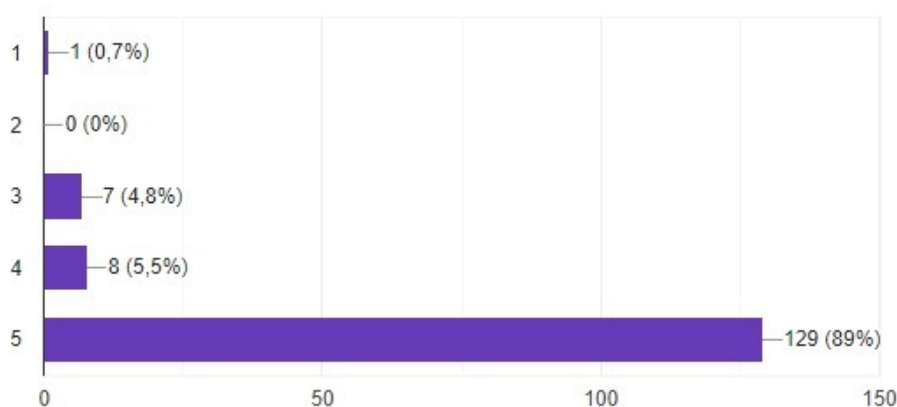
4.1.1 Resultados da pesquisa

A pesquisa abrangeu um público de diversas faixas etárias: em torno de 58% dos entrevistados encontram-se na faixa dos 30 a 59 anos. O restante do público está nas faixas de 18 a 29 anos, 60 a 69 anos e apenas um respondente com menos de 17 anos. Referente à profissão dos entrevistados, o exercício que mais se destacou foi o de professor (a), com 17 votos. Outras ocupações que também se destacaram foram dona de casa, com 10 votos, e bancário com 8 votos.

Embora se esperasse que 100% das pessoas tivessem a percepção da importância da utilização do EPR, o resultado obtido foi que apenas 88% do público considera relevante a utilização do mesmo. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 10.

Figura 10 – Nível de importância para os entrevistados das máscaras durante a pandemia de COVID-19

Para você, em uma escala de 1 a 5 (onde 1 é pouco relevante e 5 é muito relevante) qual a importância da utilização de máscaras de proteção respiratória durante a pandemia do COVID-19?

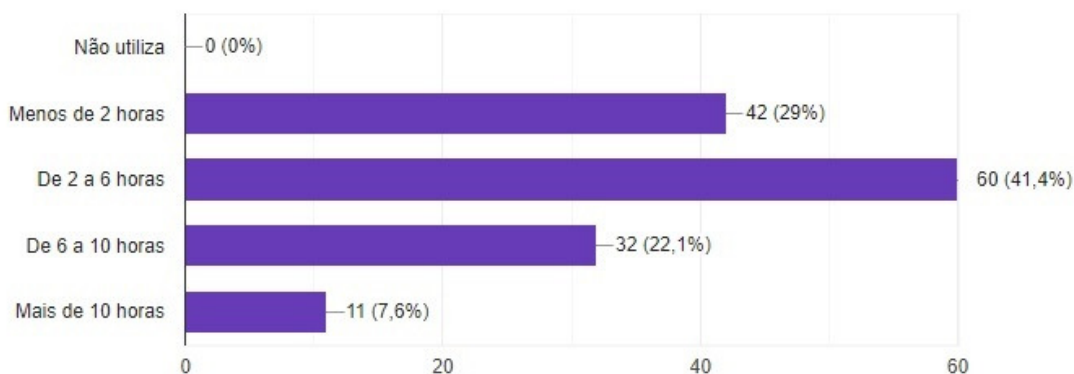


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

A maior parte dos entrevistados (41,4%) respondeu que utiliza as máscaras de proteção respiratórias de duas a seis horas por dia, enquanto 29% do público respondeu que utiliza os dispositivos por duas horas ou menos ao dia. Essas informações são apresentadas na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Tempo diário de utilização das máscaras

Quantas horas por dia você utiliza máscaras?

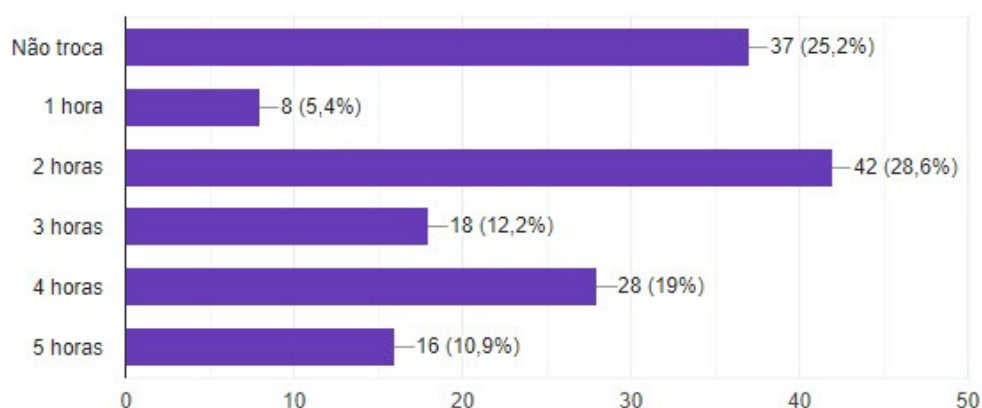


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Com base na recomendação da OMS, referente ao intervalo de tempo de utilização de um EPR e substituição do mesmo por um novo dispositivo limpo, foi questionado ao público um tempo entre troca dos dispositivos. Na Figura 12 é apresentado que 40,8 % dos entrevistados realizam as trocas dentro do tempo indicado pela OMS, de 2 a 3 horas. O que chamou a atenção na pesquisa foi a grande quantidade de respondentes que não realizam a troca dos dispositivos (25,2%).

Figura 12 – Tempo para troca das máscaras

Você troca de máscaras a cada quantas horas de utilização?

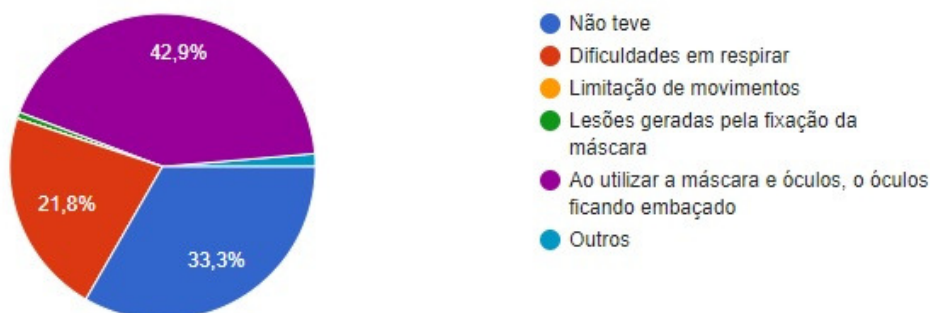


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

A Figura 13 apresenta quais os problemas mais encontrados pelos usuários ao utilizarem os equipamentos de proteção respiratória. O problema mais citado na pesquisa foi o embaçar das lentes ao se utilizar óculos e máscaras ao mesmo tempo. Outro problema relatado foi em relação à dificuldade de se respirar. O dispositivo tema deste trabalho buscou resolver e/ou amenizar esses dois principais problemas. Para isso, durante a fase de projeto do produto foram levantadas alternativas para os mesmos. Como a utilização da máscara cria uma resistência a mais na passagem de ar, já era esperado que as dificuldades de respiração fossem uma das principais queixas. Vale ressaltar que muitos dos entrevistados não relataram ter problemas ao utilizar o dispositivo.

Figura 13 – Problemas com as máscaras

Você teve problemas na utilização do equipamento de proteção respiratória? Se sim, que tipo de problemas você teve?

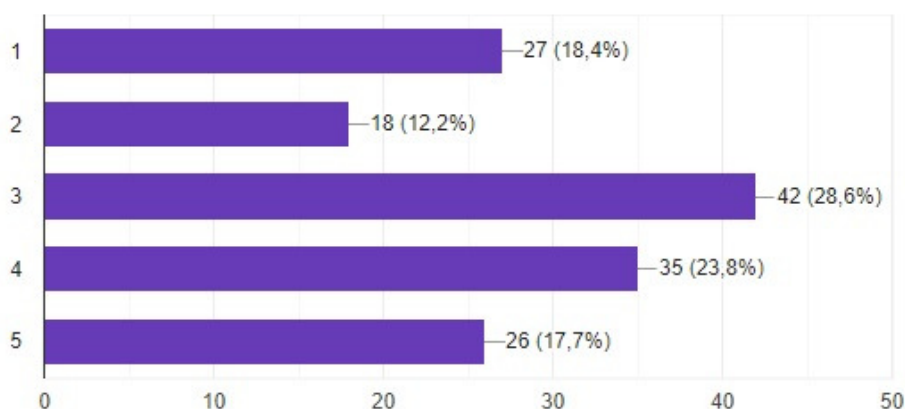


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Na Figura 14 se evidencia que o design do equipamento de proteção respiratória não é uma característica preponderante para a aquisição do dispositivo. Desse modo, o design do dispositivo foi focado para proporcionar uma maior funcionalidade ao usuário, bem como para facilitar os processos de fabricação. Sendo assim, não se buscou a estética mais agradável, mas sim a geometria que agregasse em outros quesitos.

Figura 14 – Design do dispositivo

Design do produto (Um produto esteticamente bonito)

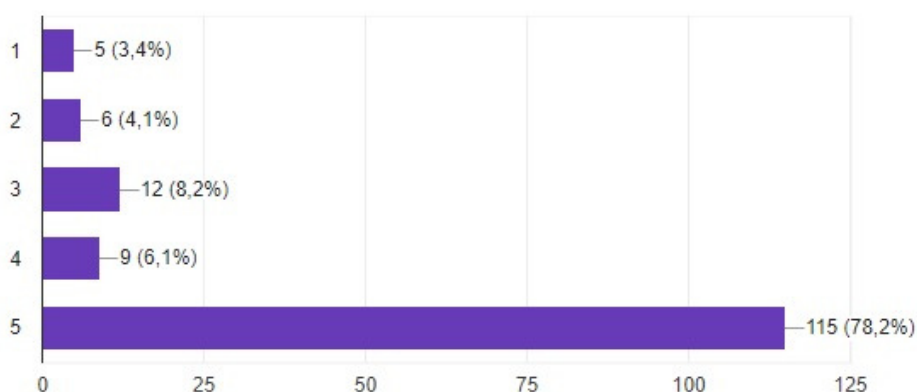


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Diferentemente do quesito design, o quesito ergonomia mostrou ser de grande importância ao público, conforme é apresentado na Figura 15. Logo, o dispositivo tema desse trabalho foi projetado de forma a proporcionar a melhor ergonomia ao usuário. Sendo assim, o EPR foi projetado a fim de apresentar a maior capacidade de se adaptar a diferentes anatomias sem perder sua eficácia referente à proteção.

Figura 15 – Conforto no uso.

Ergonomia (Conforto no uso)

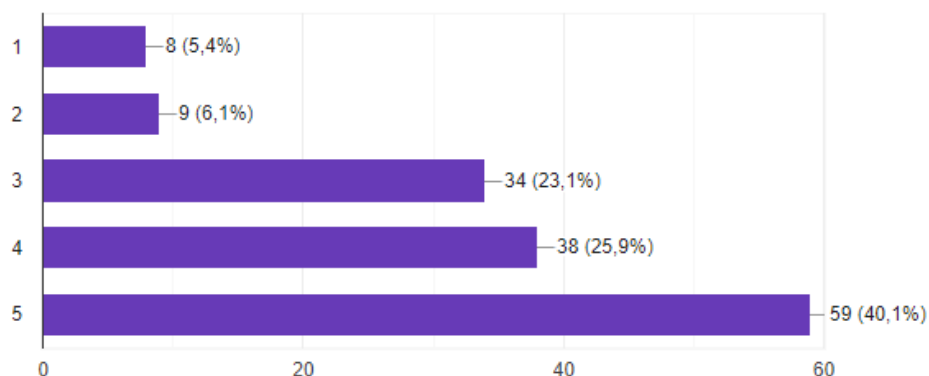


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

A Figura 16 apresenta que mais de 40% dos respondentes considera o custo do dispositivo uma característica muito relevante ao se selecionar um EPR. Esse retorno referente ao preço do equipamento já era esperado. Com isso, tornou-se necessário trabalhar na redução de custos de fabricação do mesmo, sem se abrir mão da qualidade, garantindo-se, assim, a eficiência do produto em proporcionar a segurança ao usuário. Definir um produto como barato ou caro é algo que varia de indivíduo para indivíduo. No estudo de mercado ficou evidenciado que existem dispositivos das mais diferentes faixas de preço.

Figura 16 – Custo

Custo (preço para aquisição do produto)

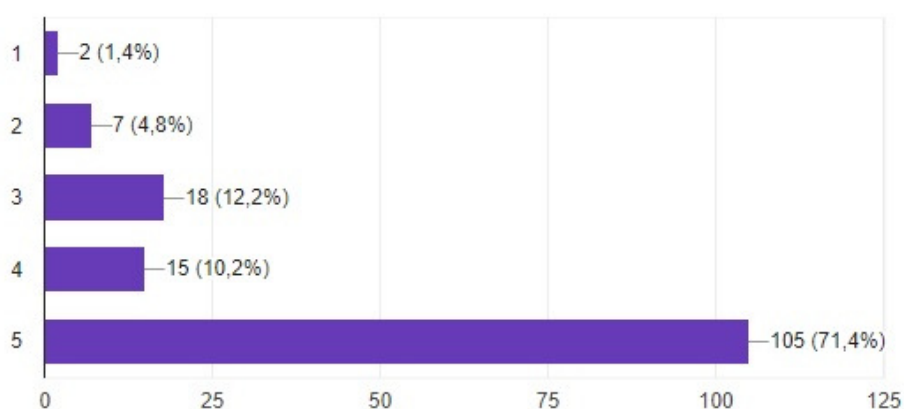


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Do mesmo modo que já havia sido citado na questão referente a problemas encontrados pelos usuários ao utilizar os EPR, a interferência da máscara à respiração é uma característica importante aos usuários, uma vez que isso afeta diretamente na realização de tarefas como uso do equipamento, prática de exercícios físicos e tarefas do cotidiano. Mais de 71% dos entrevistados destacaram a importância desse quesito, conforme apresentado na Figura 17. O tipo de tecido selecionado para o dispositivo, além da sua propriedade de filtrar agentes biológicos presentes no ar, também visa reduzir a sensação de desconforto relatada na pesquisa.

Figura 17 – Facilidade de respirar

Facilidade de respirar

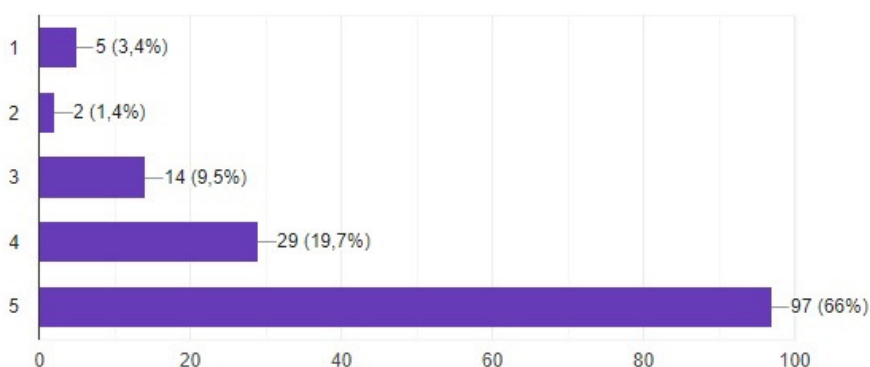


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Conforme apresentado na Figura 18, mais de 66% dos entrevistados define a facilidade para se realizar a higienização do produto como uma característica muito relevante. É compreensível essa constatação uma vez que é necessário realizar a higienização do produto após cada utilização, dependendo assim muito tempo dos usuários para a realização dessa tarefa.

Figura 18 – Facilidade em realizar a higienização do dispositivo

Facilidade em realizar a higienização do equipamento

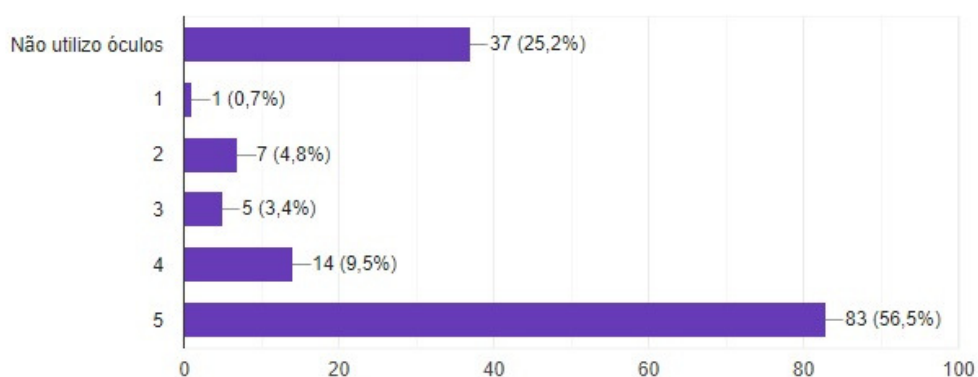


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

A Figura 19 apresenta que 74,5% dos entrevistados, que utilizam óculos, definiram como item de grande importância evitar que, ao se utilizar máscaras e óculos, as lentes venham a ficar embaçadas. Esse apontamento solicitou uma solução viável para o problema.

Figura 19 – Óculos embaçado

Evitar que a máscara embace as lentes dos óculos



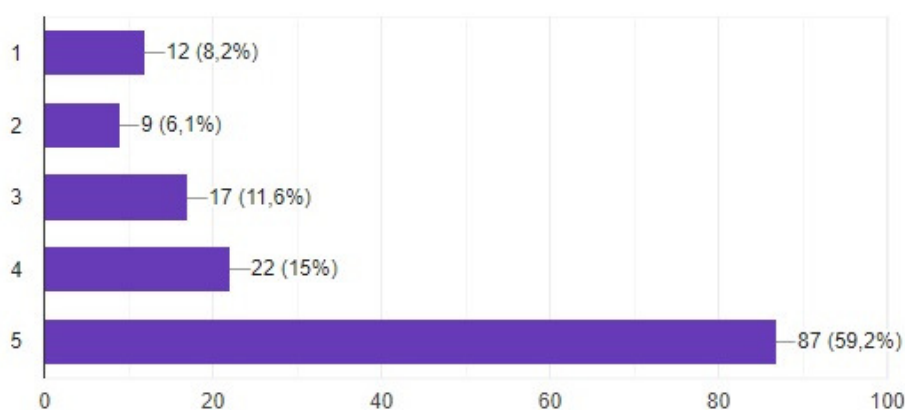
Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Cada vez mais a preocupação com o meio ambiente está ganhando força em nossa sociedade. Vemos que produtos e empresas que demonstram intenções de reduzir os impactos à natureza se destacam dos demais concorrentes.

Isso se validou na pesquisa realizada e apresentada na Figura 20: mais de 59% do público acredita ser de grande importância a possibilidade de as máscaras serem recicladas, o que reduz os impactos ao meio ambiente, agrega valor ao produto e garante mais saúde ao nosso planeta.

Figura 20 – Ecologicamente correto

Ser ecologicamente correto (Possibilidade de reciclagem)

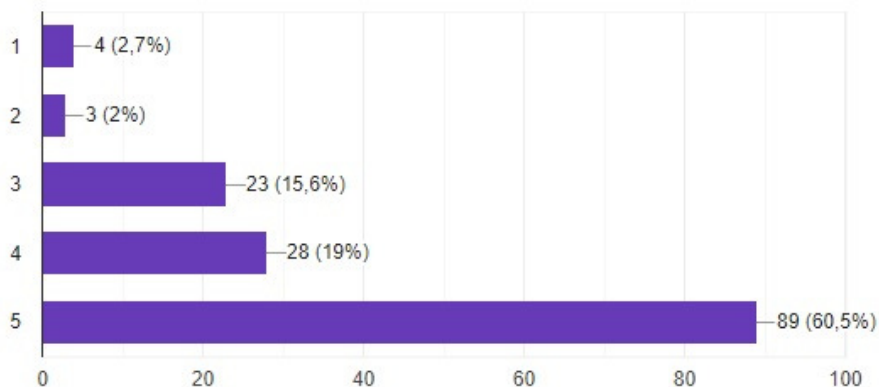


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

A durabilidade do produto foi outro quesito apontado como muito relevante, conforme mostra a Figura 21. A vida útil do produto também tem grande efeito em seu custo. Dessa forma, conseguir trabalhar em um produto que apresente uma durabilidade superior aos demais, pode ser também um argumento de vendas, agregando, assim, valor ao equipamento.

Figura 21 – Durabilidade

Durabilidade do equipamento

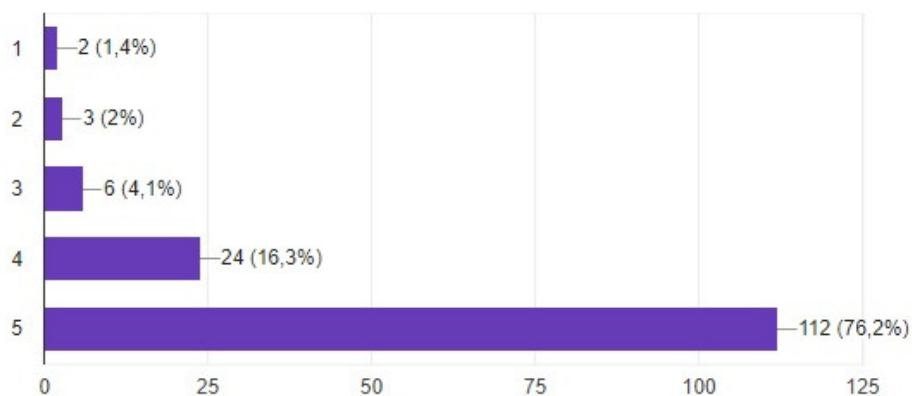


Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Na Figura 22 é apresentada que a maior parte dos entrevistados, mais de 76%, apontou a usabilidade (facilidade de se utilizar o produto) como sendo uma característica decisiva para a escolha de uma máscara ideal para a utilização.

Figura 22 – Facilidade na utilização do dispositivo

Usabilidade (Facilidade para utilizar)



Fonte: retirada da pesquisa realizada pelo autor deste trabalho através do Google Forms

Além das questões apresentadas acima, foi disponibilizado um espaço no questionário para os entrevistados fazerem observações ou proporem características pertinentes ao equipamento que não foram citadas nas perguntas supramencionadas. Dentre as características citadas, destacam-se:

- Ajuste da fixação, para que o produto se adapte a diferentes dimensões corporais;

- Máscara voltada à prática de esportes;
- Utilização de elásticos com uma maior vida útil;
- Possibilidade de fixar as máscaras sem ser pelas alças passantes por trás das orelhas;
- Eficiência do dispositivo.

4.1.2 Resultados da aplicação do método QFD

A tabela abaixo apresenta os resultados obtidos através do método QFD para o protótipo. O método QFD foi organizado em forma de uma matriz. A mesma cruza as informações extraídas na pesquisa. Identificou-se, assim, a possibilidade de o protótipo ser desmontável, o que possibilita a higienização, a qual é a característica mais desejável no produto. Isso se dá porque o produto é mais versátil, além de possibilitar que o usuário respeite as recomendações da OMS e Ministério da saúde para o tempo entre trocas dos filtros e/ou máscaras.

Tabela 4 – Matriz do método QFD

Requisitos do cliente		"Como?" ou especificação dos clientes						Voz do cliente KANO
		Importância	Filtros P2 comerciais	Dispositivo de regulagem das alças	Corpo de polímero	Alças elásticas	Plug nasal	
	Filtros comerciais	5	9				9	L
	Alças ajustáveis	4		9		9		O
	Corpo de polímero	5			9		3	A
	Alças elásticas	5		3		9		L
	Não direcionar o ar exalado para a parte superior	4	3		9	3	9	A
	Possibilidade de troca dos filtros	5	9		1		9	L
	Importância absoluta		102	51	86	93	36	117
	Importância relativa		21%	11%	18%	19%	7%	24%

1 - Não é importante	9 - Muito relacionado	L - Qualidade Linear O - Qualidade Obvia A - Qualidade Atrativa
2 - Pouco importante	3 - Médio relacionado	
3 - Média importancia	1 - Pouco relacionado	
4 - importante	- Não relacionado	
5 - Grande importância		

Fonte: elaborada pelo autor

O QFD também permitiu identificar que a utilização de filtros comerciais, fabricados em tecidos e/ou não tecidos, possuem grande interesse dos usuários do dispositivo. Outra característica relevante que o método destacou foram as alças elásticas. Tais alças elásticas permitem que a máscara se adapte de forma mais fácil a diferentes biotipos, mesmo assim elas podem trazer grande desconforto às

peessoas. Dessa maneira, a tabela apresentou que, mesmo sendo menos relevante, a possibilidade de ajustar as alças seria um atributo interessante para a máscara. A possibilidade de o corpo da máscara ser fabricado, totalmente ou parcialmente, em polímero também se mostrou uma característica que agrega valor ao produto e que possui uma boa aceitação.

O clipe nasal é um dos pontos fundamentais para sanar uma das maiores queixas em relação às máscaras, problema enfrentado por pessoas que usam óculos e possuem dificuldades ao utilizá-los junto com a máscara.

4.1.3 Estudo de mercado

O estudo de mercado é de suma importância na análise de viabilidade de um produto. Através desse estudo, torna-se possível conhecer, de forma quantitativa e qualitativa, o mercado alvo. Evidenciam-se, neste estudo, os produtos concorrentes, o público alvo e os principais seguimentos desse nicho.

Na Figura 23 tem-se a OTO, máscara fabricada pela empresa Elka. Essa máscara é fabricada em polímero e promete ter propriedades antivirais. Além disso, o material apresenta flexibilidade e permite a higienização. O equipamento de proteção respiratória possui duas aberturas laterais nas quais se localizam os filtros de classificação PFF2. O design do produto permite a troca dos filtros e já vem com um pacote de 4 filtros. A OTO é vendida no site do fabricante por um custo de R\$ 39,99 para a máscara na cor branca, já para as coloridas o valor é de R\$ 69,99. Os filtros também são vendidos no site por um valor de R\$ 19,99 em um pacote de 20 unidades.

Figura 23 – OTO máscara de proteção



Fonte: retirada do site da empresa Elka

O equipamento desenvolvido pela empresa Elka busca aproveitar o nicho de mercado criado pela pandemia do COVID-19 atuando como EPR não profissional pelo público em geral e trazendo como pontos fortes a grande vida útil de seus materiais, além da possibilidade de troca dos filtros e escolha dos tipos de filtros. Também deve ser ressaltado que o design do produto é agradável e possui boa aceitação do público em geral. Esse produto ganhou grande espaço devido ao nicho que surgiu com o início da pandemia de COVID-19. Acredita-se que o hábito de se utilizar máscaras quando se estiver gripado será adotado por parte da população brasileira da mesma forma que já é visto há décadas no Japão. Alguns especialistas afirmam, inclusive, que será uma questão de etiqueta. Se essas suposições se confirmarem após o fim da pandemia, existirá um grande mercado para máscaras de proteção como a OTO Mask. Tal comportamento deverá ser adotado, principalmente, na região sul do país onde, devido ao clima, existem mais registros de gripes e resfriados em situações normais.

A máscara de proteção esportiva Fiber Knit possui abertura nas laterais para a utilização de filtros descartáveis, os quais são vendidos separadamente. Feita de camadas sobrepostas de tecidos e não tecidos, o seu tecido externo de poliéster agrega, por um lado, maior resistência e durabilidade ao produto; por outro lado, o seu tecido interno de poliamida não gera irritação ao rosto do usuário. A fixação da máscara se dá através de apenas uma tira de elastano que apresenta um sistema de regulagem fabricado em TPU. O preço médio da Fiber Knit é de R\$ 74,90. Na Figura 24 abaixo, pode-se ver o design do produto supramencionado.

Figura 24 – Máscara de proteção Fiber Knit



Fonte: retirada do site da empresa Sportbr

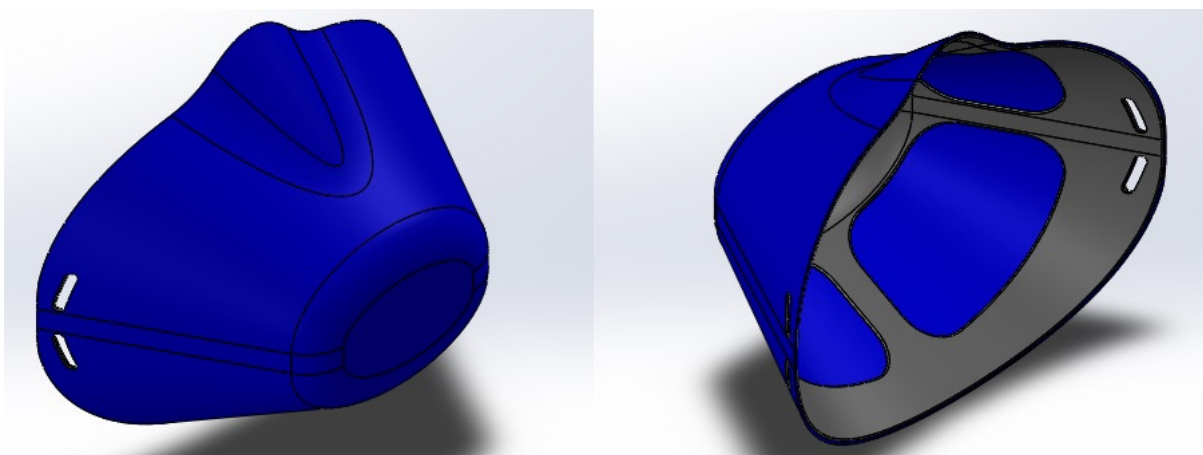
Vale destacar que, atualmente, devido à pandemia de COVID-19, há uma grande demanda de máscaras de proteção respiratória, estima-se que o hábito de se utilizar máscaras de proteção se torne um hábito da população após o fim pandemia. Sendo assim, seria de grande valia, posteriormente, a realização do estudo de *market share* deste equipamento para a realidade pós-pandemia. Além da utilização destes dispositivos por indivíduos resfriados, o dispositivo também poderá ser utilizado por usuários que pratiquem exercícios ao ar livre em grandes cidades, uma vez que nessas regiões há grande quantidade de poluição presente no ar, o que prejudica na realização destas práticas esportivas.

4.1.4 Produto final

O projeto do dispositivo de proteção respiratória sofreu diversas modificações ao longo do desenvolvimento do trabalho. Inicialmente, desejava-se produzir todo o corpo do dispositivo de polímero, através do processo de injeção, deixando-se apenas duas aberturas nas laterais que seriam então instalados os filtros (de tecido e não tecido), de forma que possibilitasse a troca dos filtros e desmontagem do EPR para a higienização. Essa ideia foi descartada principalmente pela complexibilidade trazida a partir da necessidade de injetar diferentes componentes para o dispositivo, além do fato do peso do EPR se tornar um problema, o que também o faz menos ergonômico.

Diferentes componentes a serem injetados também elevariam os custos de produção, devido ao fato de ser preciso mais de um ferramental. Com isso, passou-se a buscar um modo de fabricar todo o dispositivo através de um único processo de fabricação. A solução encontrada para esse problema foi realizar a união do não tecido com o polímero no processo de injeção, processo conhecido como *In Mold Decoration* (IMD). Dessa maneira, o projeto final se tornou uma estrutura fabricada em polímero (em cinza), responsável por dar a sustentação e formato ao EPR, revertida por um não tecido (azul) que realiza a função de filtrar as impurezas existentes no ar. Assim, o resultado final é apresentado na Figura 25.

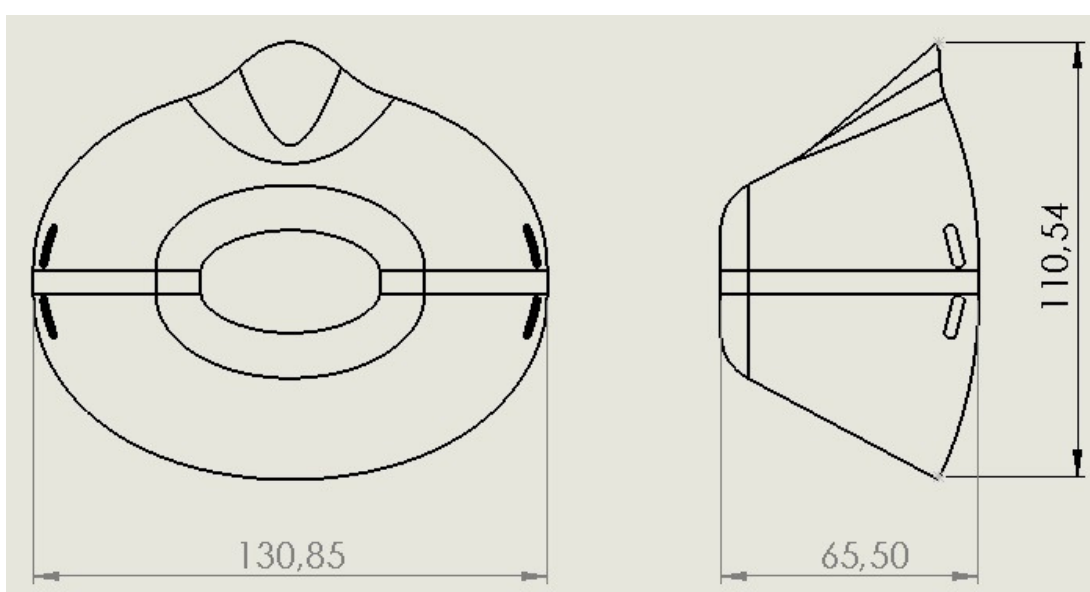
Figura 25 – Equipamento de proteção respiratória



Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

A espessura das paredes de polietileno, que formam a estrutura do dispositivo, foi projetada com 0,2 mm. Desse modo, o polímero permite que o equipamento possua uma maleabilidade suficiente para se adaptar ao rosto do usuário. A espessura especificada para o dispositivo aumenta a complexibilidade da injeção do dispositivo, necessitando, então, um maior cuidado para não haver empenamento ou não preenchimento da cavidade. As dimensões para o dispositivo foram extraídas da norma ABNT PR 1002:2020. Tais dimensões do EPR são apresentadas na Figura 26.

Figura 26 – Dimensões básicas do EPR



Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

Diversos usuários de máscaras responderam no questionário que encontravam problemas ao utilizar, ao mesmo tempo, óculos e o EPR, ocasionando o embaço das lentes. Para a solução, de forma total ou parcial, desse problema, uma solução amplamente difundida foi pensada para esse modelo de dispositivos, que é o clipe nasal. Nesse dispositivo, há o clipe em formato de arame. A união desse arame metálico, do mesmo modo que o não tecido, é realizado já no momento da injeção do polímero. Esse processo é denominado de injeção sobre inserto metálico. O arame metálico, por meio de suas características de maleabilidade, permite que o dispositivo se adapte melhor à região sobre o nariz, evitando-se, assim, o embaço das lentes.

O dispositivo apresenta duas aberturas, em ambas as laterais, para a fixação das alças elásticas que sustentam o dispositivo ao rosto do usuário. Essas aberturas permitem que, ao amarrar o elástico ao EPR, ajuste-se o comprimento do mesmo, tornando o dispositivo ajustável conforme a biotipo do usuário diferentemente da maioria das máscaras não profissionais encontradas no mercado, que possuem tamanhos de alças únicos e que não permitem ajustes ou regulagens. A disposição dessas aberturas permite que o usuário escolha a forma como deseja fixar o dispositivo, podendo esse ser utilizado com duas alças laterais para a fixação por trás das orelhas; podendo ser utilizado com duas alças que atravessam de lado a lado o dispositivo (passando atrás da cabeça do usuário); ou, ainda, podendo ser utilizado com apenas uma alça (apresentando uma largura maior que os elásticos convencionais) passando por trás da cabeça.

Por se tratar de um produto constituído de polipropileno e poliéster, o dispositivo permite ser higienizado facilmente sem ser danificado. Além disso, permite ainda a utilização de produtos mais agressivos como a água sanitária, que são indicados para a descontaminação dos EPRs e de outros materiais. Outra característica importante, que é proporcionada por conta das matérias primas do dispositivo, é o baixo peso do dispositivo, uma vez que os pesos específicos são de $0,92 \text{ g/cm}^3$ para o polipropileno e $1,3 \text{ g/cm}^3$ para o poliéster. O baixo peso do EPR agrega um maior conforto ao utilizar-se o dispositivo, isso foi pensado de forma a atender uma das principais características solicitadas para o produto, que é o conforto.

Acredita-se que, devido aos materiais e processos produtivos empregados na fabricação, o dispositivo deva apresentar uma boa vida útil, uma vez que esse não

seja um produto utilizado para aplicações mais severas. Por possibilitar a troca das alças elásticas, o dispositivo não precisa ser descartado em caso de elas virem a arrebentar ou a perderem sua capacidade elástica, visto que facilmente elas podem ser substituídas por outras.

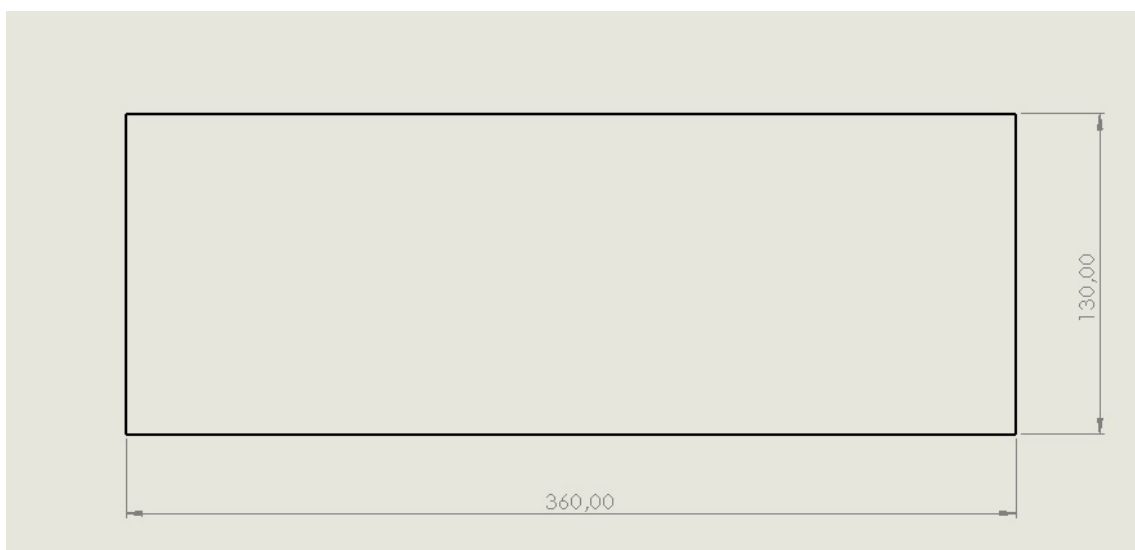
Com o fim de se maximizar a capacidade do equipamento de proteção respiratória filtrar impurezas presentes no ar, duas camadas de poliéster são utilizadas. Optou-se por deixar a maior área possível coberta somente com o não tecido, evitando, dessa forma, causar a sensação de restrição de oxigênio no usuário ao respirar, sensação essa que foi apresentada por diversos respondentes da entrevista realizada.

Cabe ressaltar, ainda, em relação ao conforto do equipamento de proteção respiratória desenvolvido no presente trabalho, que para sua validação mostra-se necessário a realização de testes práticos, utilizando-se de um protótipo em escala real. O protótipo do dispositivo não pode ser fabricado devido ao agravamento da pandemia de covid-19, bem como as políticas de isolamento empregadas na contenção da contaminação, deste modo, os testes ergonômicos não puderam ser realizados. Os ajustes no design do EPR, caso venham a ser necessários, podem ser realizados de forma posterior.

4.1.5 Ferramental desenvolvido

Antecedendo-se a etapa de injeção do dispositivo, é necessário realizar a delimitação dimensional do não tecido. Em detrimento disso, será utilizado um gabarito para delimitar a área de corte e posteriormente será efetuado o corte com o auxílio da máquina de corte de tecidos. A máquina permite que os cortes sejam realizados com uma maior velocidade, visto que é possível cortar mais de uma camada de tecidos de uma só vez, resultando em uma maior produtividade no processo de fabricação. Na Figura 27 são apresentadas as dimensões que o tecido deve apresentar para ser fixado ao molde de injeção.

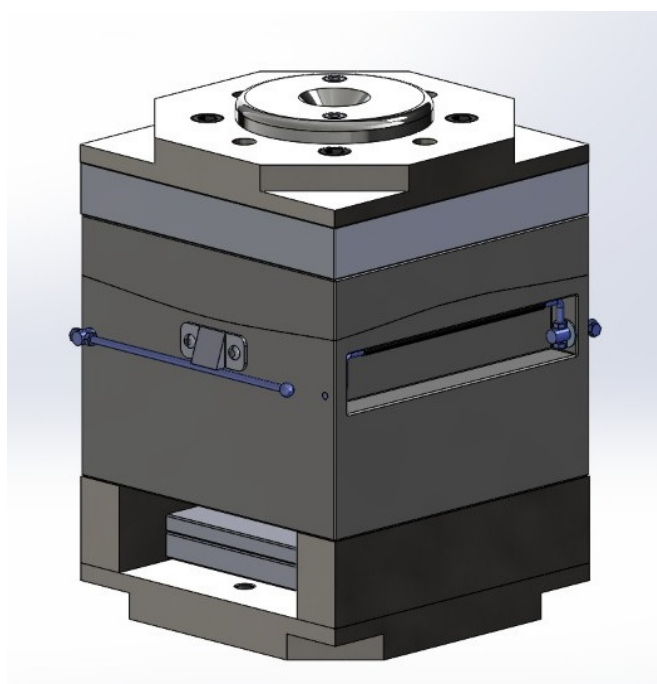
Figura 27 – Dimensões do não tecido



Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

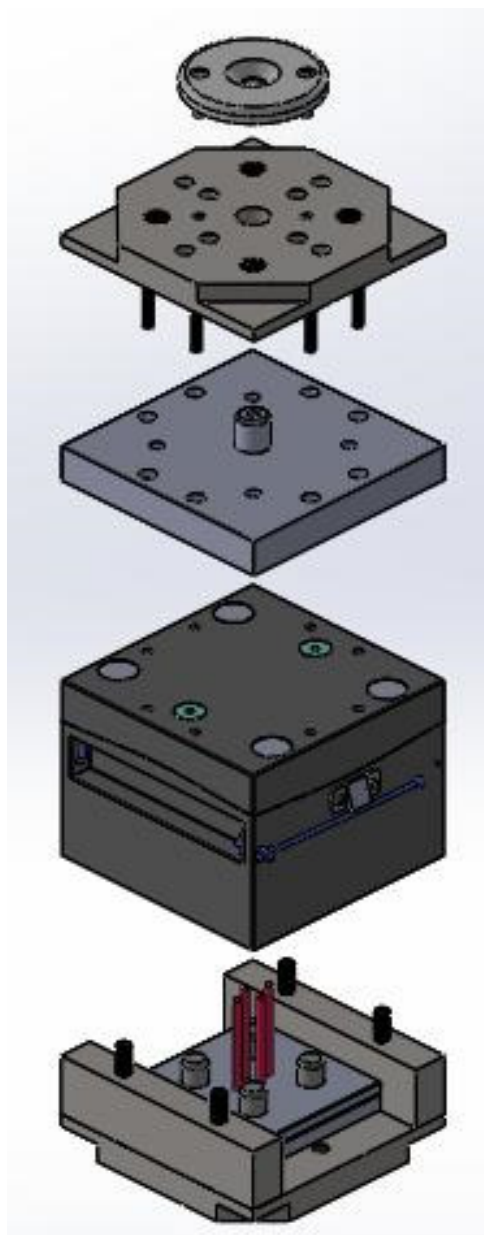
Para a fabricação do equipamento de proteção respiratória foi necessário o desenvolvimento dos moldes para a realização de injeção do mesmo. Esses ferramentais, assim como o EPR, foram desenvolvidos através do software Solidwork 2019. O molde de injeção, como mencionado anteriormente, trata-se de uma peça complexa, constituída de diversos componentes. O resultado final desse conjunto é apresentado nas Figura 28 e 29.

Figura 28 – Molde de injeção desenvolvido para a fabricação do EPR



Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

Figura 29 – Molde de injeção explodido

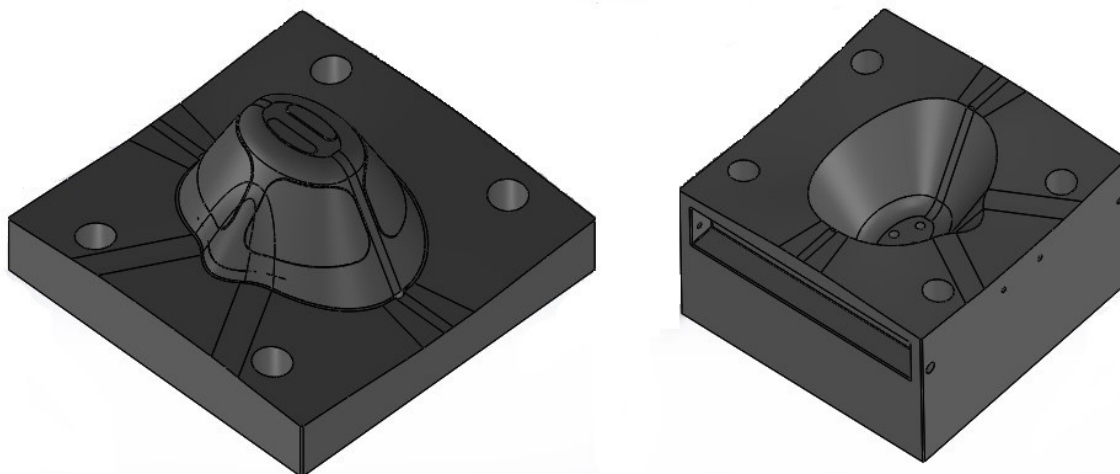


Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

Os dois principais componentes do molde são as placas macho e fêmea. O encaixe entre as peças forma a cavidade a ser preenchida e essa define a forma do produto final da injeção. Os canais de alimentação da peça foram posicionados nas placas referentes ao molde macho do dispositivo, os dois pontos de injeção estão situados nas extremidades laterais do dispositivo, na linha de apartação. Por sua vez, o tecido é fixado no molde fêmea juntamente com o seu sistema de fixação e as travas, sendo que o tecido é fixado dentro da cavidade antes de se iniciar a injeção

da máscara. Da mesma maneira, o sistema de extração do dispositivo é fixado no molde fêmea. As cavidades de ambos os moldes podem ser verificadas através da imagem a seguir.

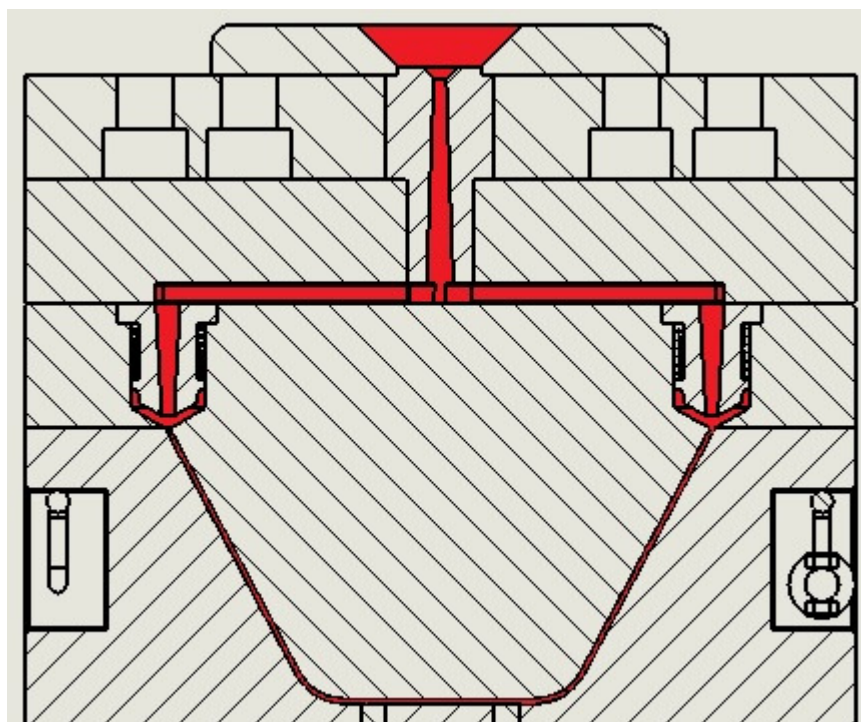
Figura 30 – Moldes macho e fêmea desenvolvidos para a fabricação do EPR



Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

Com a necessidade de dois pontos de alimentação para a realização da injeção, duas placas foram utilizadas para a realização da bifurcação do canal no molde macho da peça, o que possibilitou a simplificação da usinagem do dispositivo. Na Figura 31 é demonstrada a forma como foi projetado o canal. A primeira chapa é fixada à placa de fixação da injetora. Nessa chapa são fixados o anel de centragem e a bucha de injeção, garantindo que a matriz fique alinhada com a saída de polímero da injetora. A segunda chapa apresenta um canal na face que fica em contato com a primeira chapa, esse rebaixo finaliza com os dois canais de alimentação do dispositivo. Por se tratar de um molde que utiliza dois canais de alimentação, tornou-se necessário a utilização de aquecimento dos canais, para que o polímero não resfrie e bloqueie os mesmos. Assim sendo, utilizou-se resistências em ambos os canais, combinados com um controlador, responsável por assegurar que ambas as resistências elétricas atuem nas temperaturas corretas, garantindo-se assim a efetividade do ferramental. Esse sistema é uma solução simples para permitir a utilização de canais duplos de alimentação, não necessitando de grande investimento financeiro para ser realizado.

Figura 31 – Canal de alimentação



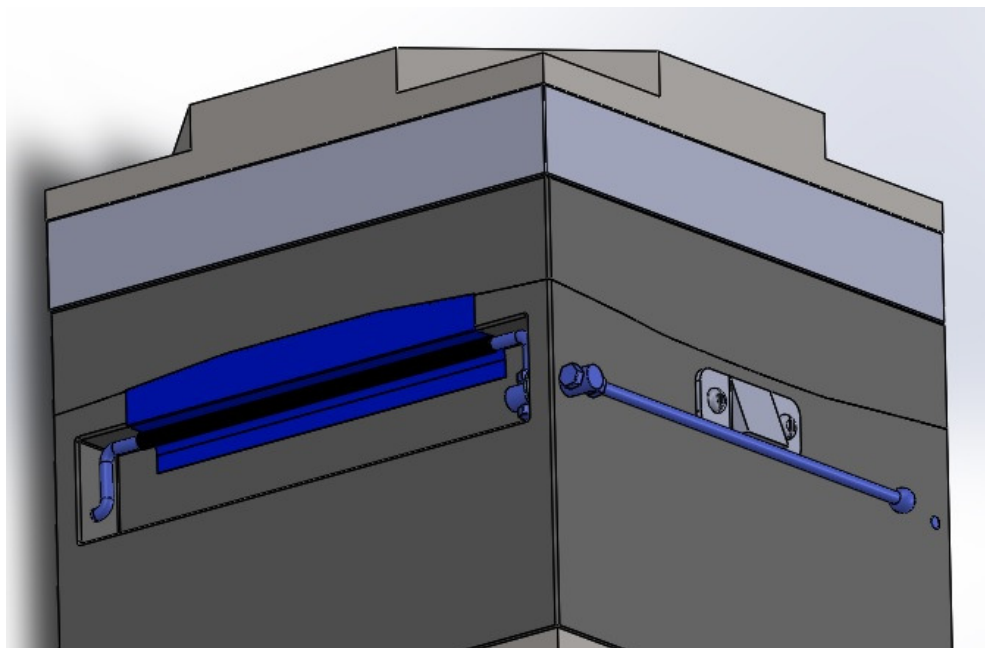
Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

Como o processo de injeção do dispositivo envolve o processo IMD, mostrou-se necessário o desenvolvimento de um dispositivo que possibilitasse garantir o correto posicionamento do tecido durante a injeção do polímero. O dispositivo responsável por fixar o tecido não poderia impedir a extração da peça injetada ou dificultar a fixação de um novo tecido. A solução desenvolvida neste trabalho inspirou-se no princípio utilizado nos grampos de fixação das lixadeiras manuais, também conhecidas como “treme treme”. O sistema de fixação desenvolvido consiste em uma espécie de alavanca. Ao levantar-se a alavanca, o tecido é liberado. Já quando se abaixa o cabo da alavanca, a superfície de fixação é elevada, ficando tensionada ao entrar em contato com a face da matriz. Essa tensão, gerada na alavanca, é responsável por manter o tecido fixo entre as duas superfícies, só podendo ser liberada ao passar a alavanca pela trava.

O dispositivo é mancalizado nas duas extremidades da matriz, o que garante que a força seja distribuída de forma igual sobre o tecido tensionado. O sistema é constituído por quatro porcas de fixação, manivela ou alavanca (com diâmetro de $\varnothing 4$ mm), perfil de tensionamento, conexão entre perfil e alavanca (com $\varnothing 8$ mm de diâmetro), anel de encosto e revestimento emborrachado. A região que entra em

contato com o tecido é revestida por borracha vulcanizada, possuindo resistência às temperaturas envolvidas no processo. Assim, é possível aumentar o atrito contra o tecido, além de evitar que o mesmo seja cisalhado pelas duas superfícies de aço. A Figura 32, a seguir, apresenta o design da alavanca de fixação, bem como a montagem da alavanca ao molde de injeção

Figura 32 – Sistema de fixação do tecido



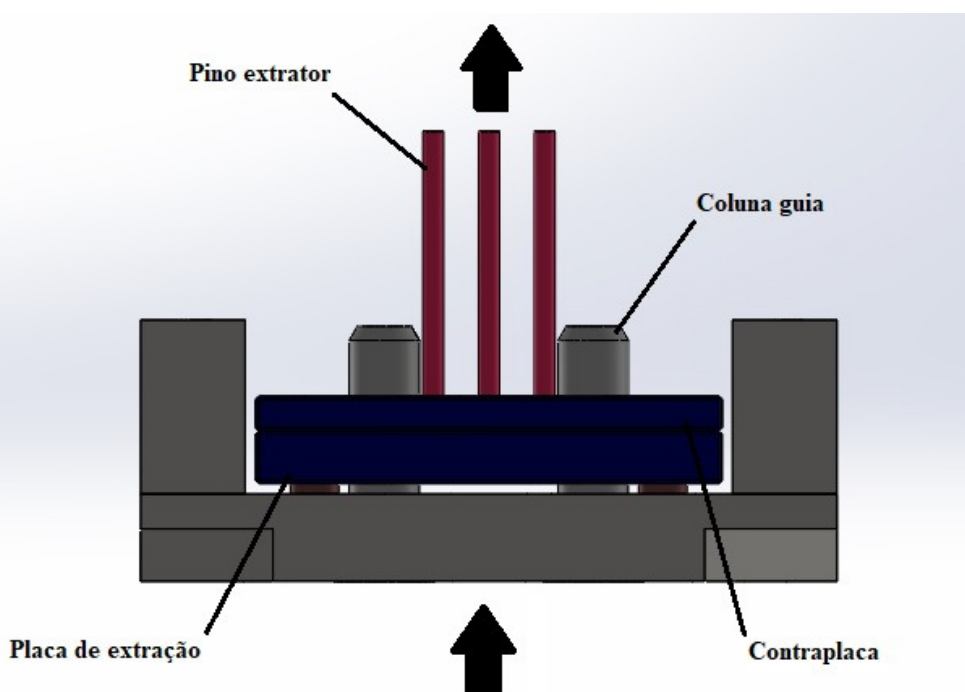
Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

O processo de injeção do equipamento de proteção respiratória envolve também o processo sob inserto metálico. Logo, tornou-se necessária a fixação do arame metálico dentro da cavidade a ser injetada, localizando-se na posição correta para o produto final. Para fixar o arame na posição correta, optou-se por utilizar imãs na matriz. Além disso, a cavidade mantém o clipe nasal na posição desejada.

Ao final do ciclo de injeção, a peça deve ser extraída do molde. Essa ação é realizada por quatro pinos de extração, com $\varnothing 6$ mm de diâmetro cada, posicionados em pontos específicos, de modo a facilitar a extração do EPR, uma vez que a posição desses pinos é de extrema importância, dado que a má posição pode ocasionar falhas na extração e/ou danificar a peça. Tais pinos são deslocados pela placa e contra placa de extração para dentro da matriz, o que obriga a peça a se soltar do ferramental. A seguir, na Figura 33, é apresentado o sistema desenvolvido para realizar a extração da máscara injetada, sendo constituído por pinos de

extração, por placa de extração, por contra placa de extratora, por encosto padrão e por colunas de guia. As colunas guias garantem que o conjunto extrator possa se deslocar na direção correta, evitando erros de posicionamento, bem como evitando a danificação dos componentes. No momento em que há o recuo do molde, após a abertura, a placa de extração é empurrada na direção do molde, projetando-se os pinos de extração para dentro da matriz, desta forma, compelindo o EPR para fora da cavidade do molde. As setas pretas presentes na figura expressam o sentido ao qual os pinos e as placas são impelidos.

Figura 33 – Sistema de extração



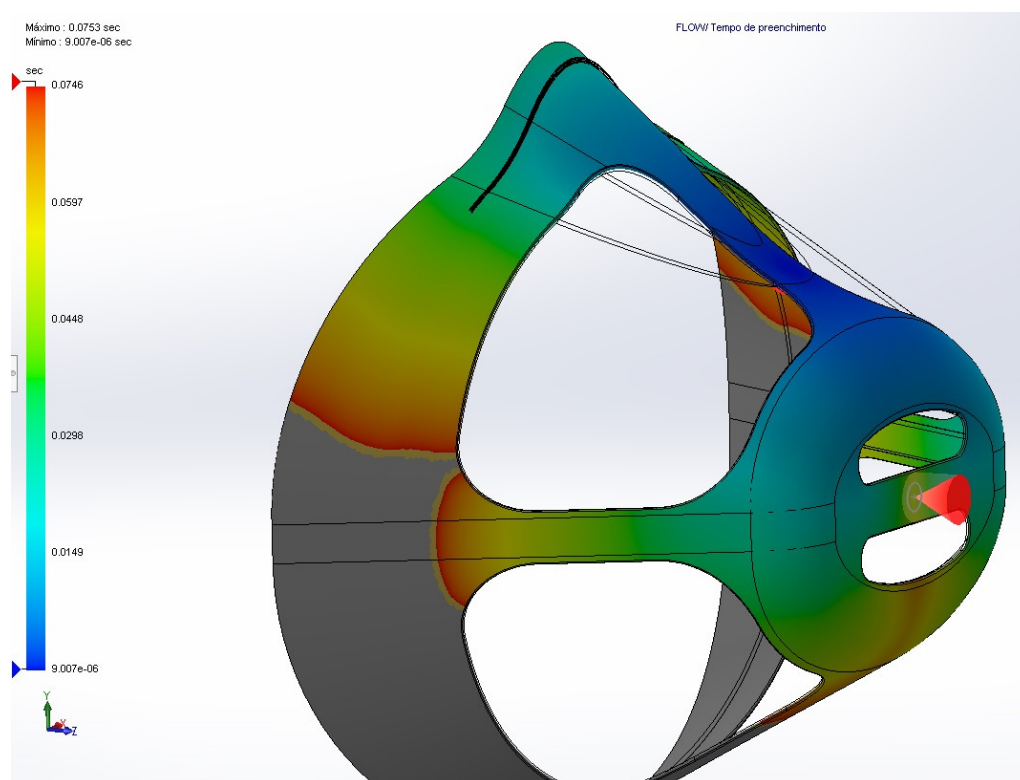
Fonte: elaborada pelo autor deste trabalho através do software Solidworks 2019

4.1.6 Resultados obtidos nas simulações computacionais

Inicialmente, realizou-se uma análise preliminar, a fim de identificar se contendo apenas um canal de alimentação seria possível preencher toda a cavidade do molde. Essa primeira simulação permitiu constatar que não é possível alimentar toda a peça através de um único canal, seguindo os parâmetros escolhidos. A partir disso, pode-se trabalhar em soluções para corrigir esse problema. Dentre as soluções possíveis, estão a utilização de mais canais de alimentação (focando em pontos estratégicos da geometria da cavidade), aumento da velocidade de injeção

(de forma a acelerar o fluxo de material) e aumento da espessura das paredes do dispositivo e alteração do polímero a ser injetado (optando-se por um outro polímero que tenha um melhor escoamento). Conforme apresentado na Figura 34, utilizando-se apenas um ponto de alimentação com 5 mm de diâmetro, bem como os parâmetros sugeridos pelo software, não foi possível preencher toda a cavidade do dispositivo, faltando-se ainda uma grande parte do dispositivo a ser injetado.

Figura 34 – Falha no preenchimento da cavidade



Fonte: retirada da simulação computacional realizada pelo autor deste trabalho através da ferramenta Solid plastic do software Solidworks

Através dos fatos supramencionados, optou-se por tentar modificar alguns dos parâmetros de injeção, a fim de verificar as mudanças de comportamento geradas no processo ainda com apenas um ponto de alimentação. Aumentou-se a pressão de injeção do polímero, juntamente com a utilização de apenas um canal de injeção, bem como o aumento do diâmetro do mesmo (Utilizando-se de 4 mm até 9 mm). Com essas alterações no processo, o resultado obtido foi que, assim como no

primeiro teste, não é possível preencher totalmente a cavidade do molde, pois mesmo dobrando o diâmetro do canal não se obteve um resultado positivo.

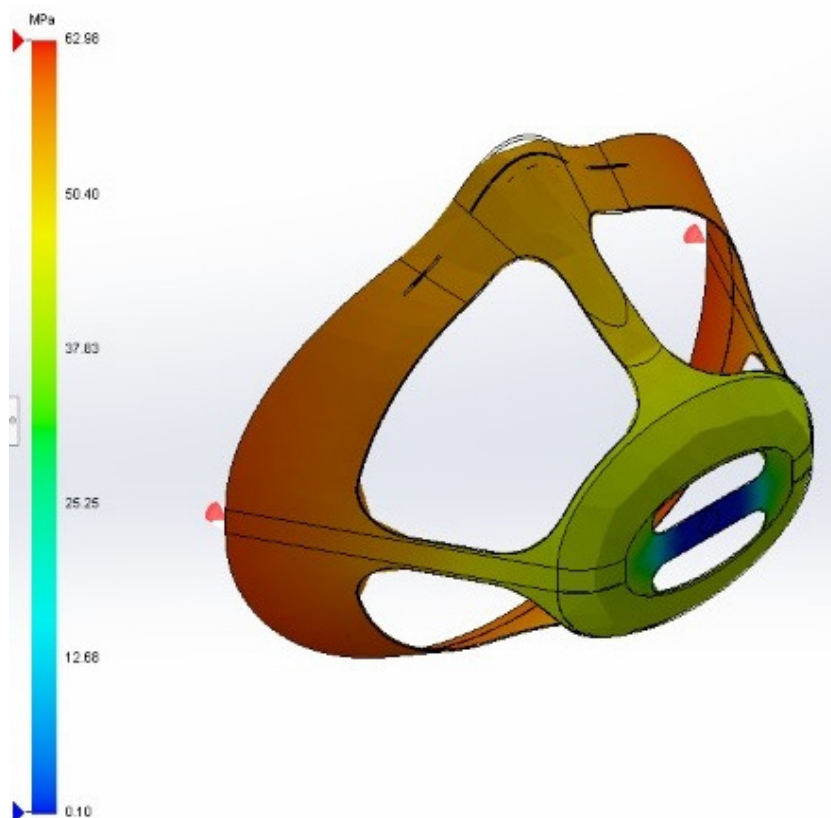
Após as falhas apresentadas nos primeiros testes, definiu-se por aumentar o número de pontos de alimentação da peça, a fim de analisar se o problema de não preenchimento total da cavidade do molde seria solucionado. Ao realizar-se a nova simulação, verificou-se que a utilização de dois pontos de alimentação no dispositivo soluciona a falha da simulação anterior. Com isso, tornou-se necessário analisar a viabilidade de realizar esse canal duplo no molde de injeção, bem como analisar as melhores posições para esses dois pontos de alimentação.

Essa primeira análise, utilizando dois pontos de alimentação, localizou-se nas colunas de ligação que ficam sobre a região do nariz e do queixo do usuário. Posteriormente, retornou-se à utilização de um canal duplo para a alimentação do dispositivo. Dessa vez, utilizou-se duas posições que permitissem uma maior facilidade na fabricação do dispositivo, posicionando-se os pontos de alimentação nos dois cantos laterais da parte frontal do dispositivo. Essa modificação proporcionou um melhor preenchimento que as posições selecionadas anteriormente.

Sabe-se que o preferencial é que os pontos de alimentação fiquem na região de apartação, de modo a facilitar a fabricação dos moldes de injeção. Com isso, é possível reduzir os custos relativos à fabricação da matriz de injeção, de forma a simplificar a concepção do mesmo. Para essa simulação, dois pontos de alimentação foram posicionados nas extremidades laterais do dispositivo. Na região em que fica em contato com o rosto do usuário, elevou-se também a pressão limite da operação para 140 MPa. Quando o valor sugerido pelo software é de 100 MPa, utilizou-se pontos de alimentação de 4 mm de diâmetro. Também se limitou a temperatura máxima de processo para 170 °C.

Os resultados obtidos na simulação com essas condições foram que essa peça pode ser preenchida com êxito com uma pressão de injeção de 62,7 MPa (9091.37 PSI). O valor obtido ficou muito abaixo da pressão máxima para a máquina injetora Jasot 160-100, existente no laboratório de engenharia mecânica da UNISINOS, que é de 127,98 MPa. Na Figura 35, evidencia-se que as maiores pressões obtidas no processo se localizam próximas aos pontos de alimentação. Conforme o fluido avança pela cavidade, a pressão vai reduzindo, gradativamente, e na região central do dispositivo a pressão aproxima-se de zero.

Figura 35 – Diagrama das pressões de injeção



Fonte: retirada da simulação computacional realizada pelo autor deste trabalho através da ferramenta Solid plastic do software Solidworks

Na sequência, é apresentada a equação utilizada para definir a pressão máxima do sistema. Na injetora, tem-se a pressão da bomba de 180 bar (com cilindro de Ø80 mm), já o cilindro de injeção possui o diâmetro de 30 mm. Desse modo, a pressão do sistema aumenta o número de vezes relativo à área do cilindro de 80 mm dividido por área do cilindro de 30 mm.

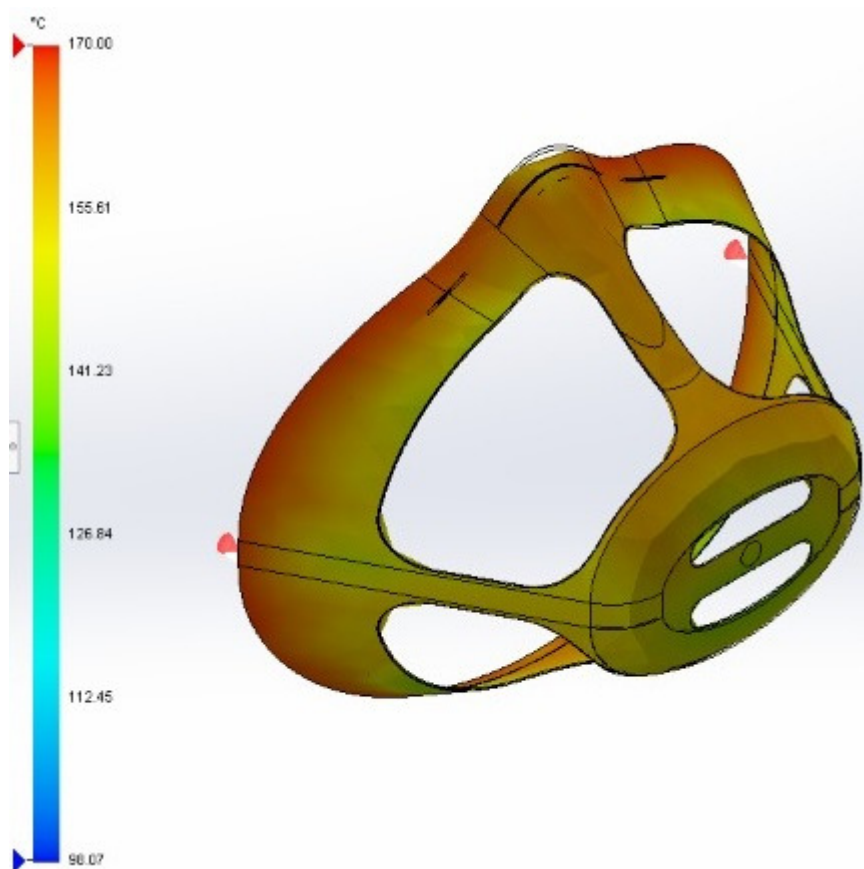
$$x = \frac{A80}{A30} = \frac{\pi \cdot r^2}{\pi \cdot r^2} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{\pi \cdot 0,015^2} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{\pi \cdot 0,015^2} = \frac{\pi \cdot 0,04^2}{\pi \cdot 0,015^2} = 7,11$$

Através do cálculo obteve-se que a pressão do sistema aumenta 7,11 no máximo. Como a pressão inicial do sistema é de 180 bar, chega-se a uma pressão máxima de 1.279,80 bar, que ao converter-se, obtém-se 127,98 MPa.

Com a realização das melhorias de processo supramencionadas, buscou-se, então, identificar pontos de soldas frias na peça, não sendo identificado nenhum ponto na peça. Como a temperatura máxima que o poliéster pode suportar, sem ser danificado, é de até 180°C, definiu-se utilizar a temperatura limite de 170°C, para o polietileno injetado, de forma a garantir uma tolerância de 10°C a fim de que o

processo ocorra. Desse modo, torna-se possível realizar a fabricação do dispositivo através da injeção do polímero sem haver a danificação do não tecido por temperatura. Na figura 36 é apresentado o diagrama de temperaturas máximas apresentadas durante o processo de injeção do dispositivo. Identifica-se que as regiões com maiores temperaturas são as próximas aos dois pontos de alimentação. Igualmente, pode-se identificar que as temperaturas apresentadas pelo polímero durante o processo ficaram todas acima de 141 °C.

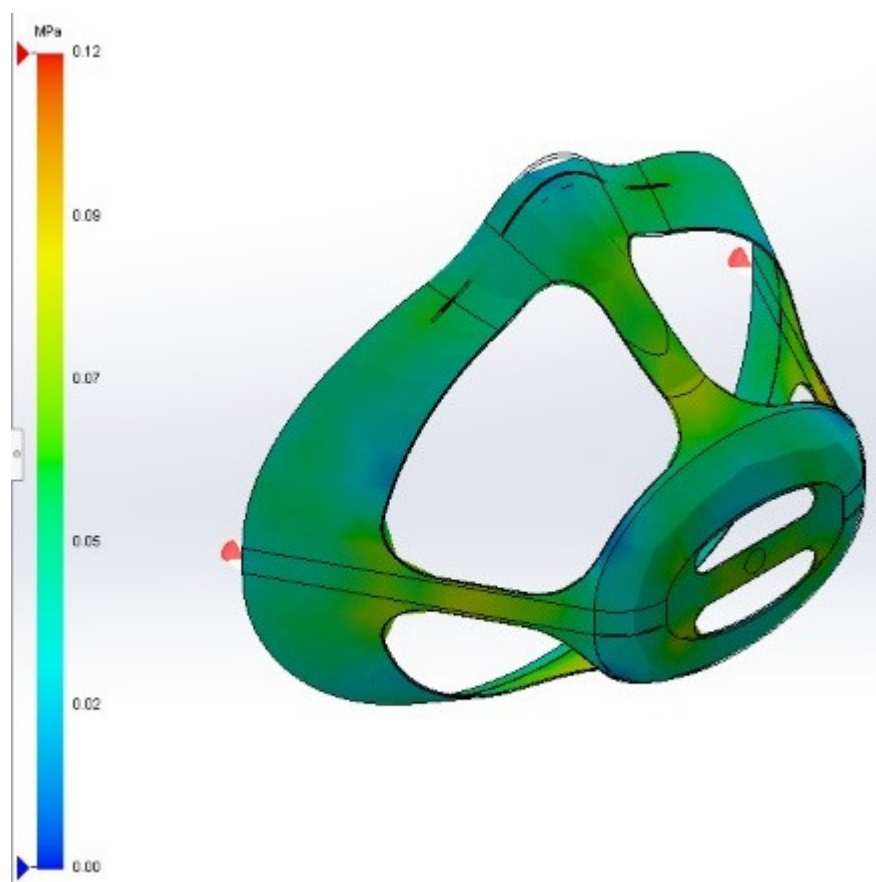
Figura 36 – Diagrama de temperaturas de injeção



Fonte: retirada da simulação computacional realizada pelo autor deste trabalho através da ferramenta Solid plastic do software Solidworks

No tocante às tensões de cisalhamento geradas no processo, a Figura 37 apresenta o gráfico dos valores obtidos no processo, bem como as regiões onde ocorreram as maiores concentrações de tensões. No diagrama é possível observar que as maiores tensões obtidas no processo de injeção do EPR foram de inferiores a 0,08 MPa. As regiões com maiores tensões apresentadas foram as colunas que ligam o arco que fica em contato com o rosto do usuário ao cargo frontal do dispositivo.

Figura 37 – Tensões de cisalhamento



Fonte: retirada da simulação computacional realizada pelo autor deste trabalho através da ferramenta Solid plastic do software Solidworks

No relatório de resultados da simulação, gerado pelo sistema, apresentou-se que a taxa de cisalhamento prevista é 30% maior do que o valor recomendado máximo para o material usado nesta análise. Essas altas taxas de cisalhamento podem gerar degradação do polímero, descoloração, defeitos na superfície da peça moldada e diminuição em geral das propriedades físicas da peça moldada. Uma alta tensão de cisalhamento também pode ocasionar falhas ao aplicar o produto ao seu uso final, podendo, ainda, ocasionar a contração da peça não uniforme, o que é capaz de resultar em um empenamento da peça.

O software também sugere, para a solução do problema, aumentar a espessura, aumentar os diâmetros canais de alimentação, aumentar as temperaturas de fusão e aumentar o tempo de injeção (para reduzir a vazão volumétrica). Sabendo-se que a espessura do dispositivo e a temperatura de fusão não são itens passíveis de modificação para esse projeto, buscou-se trabalhar nos

diâmetros dos canais de alimentação e na velocidade do projeto. Aumentou-se o diâmetro dos pontos de alimentação de 4 mm para 6,5 mm e reduziu-se a pressão a fim de diminuir a velocidade de injeção. Através das alterações supramencionadas, conseguiu-se baixar as tensões de cisalhamento nas peças para valores dentro dos aceitáveis pelo sistema.

4.1.7 Tempos de injeção

O tempo total de um ciclo de injeção consiste na soma dos tempos: tempo de injeção, tempo de esfriamento da peça, tempo de abertura do molde, tempo de fechamento do molde e o tempo de fixação do tecido e do arame no molde. Esse tempo total do ciclo influencia diretamente no produto final, uma vez que se o tempo for muito curto, a peça pode apresentar defeitos resultantes desse fato. Quanto maior o tempo total, menor é a capacidade produtiva da peça, com isso encarecendo a fabricação do mesmo.

Com base no equipamento de proteção respiratória desenvolvido neste trabalho, bem como dos ferramentais desenvolvidos para sua fabricação, realizou-se uma estimativa do tempo de cada ciclo de injeção. Através desse tempo, tornou-se possível se aproximar da capacidade produtiva diária do dispositivo. A espessura da peça a ser injetada influencia diretamente no tempo de ciclo da injeção; logo, quanto menores as espessuras das paredes, menores os tempos. Como o dispositivo de proteção respiratória, tema deste trabalho, possui uma espessura de parede igual a 0,2 mm, isso contribui para que o tempo de ciclo seja baixo. Em contrapartida, o fato de o processo ser uma fusão de injeção sobre insertos metálicos com processo de injeção IMD eleva o tempo de ciclo.

Uma vez que no início de cada ciclo é necessário ser fixado na matriz um arame e um pedaço de tecido, o tempo estipulado para essa ação é de 30 segundos. Através da simulação computacional, pode-se observar que o tempo de resfriamento da peça é inferior a 12 segundos. Por sua vez, o tempo para a injeção do material na cavidade é de 0,69 segundos, sendo que o tempo total de injeção é inferior a 4 segundos. Conforme os tempos informados anteriormente, estima-se que os tempos de cada ciclo de injeção do produto irão variar dentro da faixa de tempo de 50 a 60 segundos. Com isso, sabe-se que é possível injetar 60 máscaras por hora. Em um dia normal de trabalho, com uma carga de 8 horas, é possível fabricar

aproximadamente 480 peças por dia. A média de dias úteis por mês é definida como 21 dias, então a capacidade produtiva mensal de máscaras é de 10.080 (dez mil e oitenta) peças.

4.1.8 Estudo de viabilidade

No estudo de viabilidade do equipamento de proteção respiratória, serão levantados os custos envolvidos na fabricação, de modo a permitir estimar os valores iniciais a serem investidos para a realização da produção do mesmo. A partir dos valores estimados, juntamente com a capacidade produtiva, bem como a margem de lucro objetivada, será então calculado o preço objetivo do dispositivo a ser praticado na sua comercialização. Essa análise é de grande importância para a tomada de decisão de se seguir com a execução de um projeto.

4.1.8.1 *Custo do produto*

Os custos de produção desse produto envolvem desde as matérias primas (polietileno, poliéster e o arame metálico), até mesmo os ferramentais desenvolvidos para a fabricação do EPR. Também entra nesses custos o preço da injetora, os gastos com mão de obra, com processos posteriores à injeção, com embalagens, com consumo de energia elétrica, com consumo de água, com logística, etc. Os custos operacionais envolvidos na fabricação do dispositivo podem ser divididos em custos fixos, que são aqueles que não variam conforme a produção, e os custos variantes, que são aqueles que oscilam proporcionalmente à produção. Assim, podemos dividir em custos fixos: aluguel; depreciação do ferramental; depreciação dos maquinários; mão de obra e gastos com o administrativo/jurídico (serviços terceirizados). Para a definição do valor do aluguel, pesquisou-se o valor médio de aluguéis para pavilhões de até 60 m² na região metropolitana de Porto Alegre. Os preços dos maquinários (injetora e lavadora) foram estimados baseados em preços de venda encontrados na internet (para reduzir os custos iniciais, definiu-se por utilizar uma injetora usada); já para os custos de mão de obra, estimaram-se os custos de cinco funcionários recebendo o piso dos metalúrgicos, além das despesas com FGTS e INSS.

Outro ponto que influencia diretamente nos custos de produção é a capacidade produtiva do produto. Conforme apresentado anteriormente, a capacidade produtiva mensal de máscaras é de aproximadamente 10.080 dispositivos. Com base nisso, levantou-se os custos mensais variáveis referentes à produção do dispositivo, englobando: matérias primas; acessórios; embalagens; consumo de água; consumo de energia elétrica e manutenção dos equipamentos (englobados nos custos adicionais). Para estimar os gastos de consumo de água, foi utilizado o consumo de água em m³, considerando a realização de três lavagens por dia produtivo, juntamente com o consumo de água englobam-se também os custos com esgoto, sendo que o custo de esgoto é 90% em relação ao custo do fornecimento de água.

$$\text{Consumo diário H}_2\text{O (Máquina de lavar)} = 2 \times 220 \text{ litros} \times 5 = 2.200 \frac{\text{l}}{\text{dia}} = 2,2 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

$$\text{Consumo mensal de água} = (55\text{m}^3 \times \text{R\$}9,73) = \text{R\$}535,15$$

$$\text{Consumo mensal de água + esgoto} = (55\text{m}^3 \times \text{R\$}9,73) + 90\% = \text{R\$}1.016,79$$

Já para os custos de consumo de energia elétrica, estimou-se o valor do kWh na região metropolitana de Porto Alegre, combinada com a potência dos maquinários, além do consumo com iluminação e outros componentes.

$$\text{Potência injetora} = 22 \text{ kW} + 12,73\text{kW} = 34,73\text{kW}$$

$$\text{Custo hora} = 34,73 \text{ kW} \times \text{R\$}0,80 = \text{R\$} 27,78$$

$$\text{Consumo de energia elétrica Injetora} = \text{R\$} 27,78 \times 8 \times 21 = \text{R\$} 4.667,71$$

$$\text{Consumo de energia elétrica} = \text{R\$} 4.667,71 + \text{R\$} 336,00 + \text{R\$} 500,00 = \text{R\$} 5.503,71$$

Na tabela 5 são apresentados os custos estimados para a produção do dispositivo em larga escala, desse modo é possível estimar um preço a ser praticado no produto. De acordo com o que foi mencionado anteriormente, os custos envolvem os gastos fixos, como, por exemplo, aluguel do espaço, além de envolver os gastos variantes que oscilam de acordo com a produção. A previsão de custo mensal total é de aproximadamente R\$ 74.187,64. Os maiores custos de fabricação desse

dispositivo envolvem a máquina injetora, consumo de energia elétrica e o molde de injeção.

Tabela 05 – Estimativa dos custos de fabricação

	Valores	Gasto mensal
Polipropileno kg	R\$ 4,20	R\$ 533,43
Poliéster m ²	R\$ 7,00	R\$ 17.640,00
Arame (1000 unidades)	R\$ 39,80	R\$ 401,18
Molde de injeção	R\$ 95.000,00	R\$ 14.250,00
Injetora	R\$ 160.000,00	R\$ 16.000,00
Lavadoura	R\$ 8.500,00	R\$ 850,00
Consumo de água (m ³) + esgoto	R\$ 9,730	R\$ 1.016,79
Consumo de energia elétrica (kw/h)	R\$ 0,80	R\$ 5.503,71
Aluquel pavilhão	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Mão de obra	R\$ 1.500,00	R\$ 7.920,00
Elásticos	R\$ 0,11	R\$ 1.108,80
Embalagens	R\$ 1.463,73	R\$ 1.463,73
Demais custos produtivos	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
Gastos administrativos	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
		R\$ 74.187,64

Fonte: elaborada pelo autor

Para o cálculo da mão de obra, levou-se em consideração além dos salários, os custos com FGTS e INSS para cinco funcionários. Além disso, cabe destacar, que os serviços administrativos e jurídicos serão terceirizados, sendo destinada a quantia de R\$ 2.500,00 para o pagamento das atividades. Quanto aos insumos, foram calculados os custos para a produção de dez mil peças por mês, devido a estimativa de produção mensal.

Os custos envolvidos no projeto podem variar por diversos motivos, desde os reajustes constantes que os insumos vêm sofrendo durante o período de pandemia do COVID-19, até mesmo por mudanças climáticas que impactam nas tarifas de água e energia elétrica. É de grande importância a realização de uma projeção de custos de produção durante uma análise de viabilidade do projeto, sendo possível antever os investimentos necessários para a realização do projeto.

4.1.8.2 *Preço final a ser realizado no produto*

Através da estimativa de custos do projeto, realizada anteriormente, é possível estimar o preço final a ser praticado no equipamento de proteção respiratória. O custo produtivo mensal foi estimado em R\$ 74.187,64 e a capacidade produtiva mensal ficou em 10.080 peças. Com isso, sabe-se que o custo produtivo por peça é de R\$ 7,36 deseja-se trabalhar com uma margem de lucro de 45%; portanto, o preço final a ser comercializado na indústria é de R\$ 10,67, apresentando assim um valor competitivo frente aos outros dispositivos similares presentes no mercado.

4.2 Análise crítica

A não realização da fabricação do protótipo físico do equipamento de proteção respiratória desenvolvido no presente trabalho, impossibilitou a realização de mais testes que permitiriam compreender melhor como o equipamento se comportaria durante a sua injeção e durante o uso. Com o atual cenário, ao qual foi restringido o acesso a instituição, tornou-se inviável de colocar em prática o projeto desenvolvido. Em contrapartida, com a utilização das simulações computacionais através do software Solidworks 2019, pode-se realizar testes que possibilitaram analisar a viabilidade do dispositivo e ferramentais desenvolvidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil e o resto do mundo enfrentam uma grave crise de saúde, ocasionada pela pandemia de Sars-Cov-19, a qual ocasionou centenas de milhares de mortes até o momento. O presente trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um EPR, em detrimento do agravamento da epidemia de COVID-19.

Através da realização da pesquisa e aplicação do método QFD, obteve-se as principais solicitações dos consumidores, projetando-se o EPR para atender essa demanda. A máscara apresenta um clipe nasal para evitar o embaço de lentes de óculos, assim como utilizou-se o polímero e poliéster buscando conciliar produtividade e ergonomia. O mesmo, apresenta aberturas laterais que permitem diferentes configurações de alças de fixação, a fim de proporcionar maior liberdade ao usuário.

Para fabricar o equipamento de proteção foi desenvolvido uma combinação de dois métodos de injeção de polímeros (IMD e injeção sobre inserto metálico). Com destino de viabilizar a utilização da técnica de fabricação mencionada, desenvolveu-se os ferramentais e dispositivos que possibilitam sua realização. Deste modo, obteve-se uma redução nas etapas de produção, reduzindo o tempo total de fabricação e auferindo uma maior produtividade.

Por meio das simulações computacionais realizadas, pode-se identificar que não seria viável a fabricação do dispositivo através de um único canal de alimentação. Sendo assim, simulou-se a injeção do EPR, com diferentes posições e diâmetros, encontrando-se assim, os valores ideais para ambos. Através das simulações também se pode definir as pressões e temperaturas a serem utilizadas, evitando falhas no produto durante a fabricação. A partir destes resultados obtidos, evidenciou-se a viabilidade da fabricação do equipamento através das técnicas e ferramentais desenvolvidos no presente trabalho, atendendo assim, aos objetivos propostos.

Outrossim, em relação aos custos envolvidos na fabricação de um produto, sejam fixos ou variáveis, existe a necessidade da avaliação ainda na etapa de projeto. Desta forma é necessário analisar os investimentos iniciais, bem como a viabilidade de fabricação do produto. Vale destacar, que os custos influenciam diretamente na determinação do preço final da peça, e para a definição desses valores é necessário, ainda, a limitação da margem de lucro a ser explorada.

Conhecer o mercado que será abordado, assim como os concorrentes do equipamento são de fundamental importância na decisão de um projeto.

Cabe ressaltar, ainda, que em detrimento da piora da pandemia de COVID-19, ficou inviável a fabricação de um protótipo físico do dispositivo, o que permitiria realizar testes práticos com o dispositivo a fim de qualificar a capacidade do dispositivo em relação ao conforto. O protótipo também permitiria entender o comportamento dos materiais e dimensões do dispositivo, podendo-se encontrar falhas e corrigi-las. Como sugestão de continuidade deste trabalho, propõe-se a realização da fabricação dos ferramentais, a fim de elaborar testes práticos da injeção do dispositivo. Dessa maneira, seria possível comparar os resultados obtidos nas simulações com os resultados obtidos nos testes práticos e determinar a viabilidade do protótipo.

REFERÊNCIAS

ABREU, Fábio de Souza. **QFD - Desdobramento da função qualidade – Estruturando a satisfação do cliente**. RAE - Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 47-55, abr/jun 1997.

AIELLO, Allison E; MURRAY, Geneva F; PEREZ, Vanessa; COULBORN, Rebecca M; DAVIS, Brian M; UDDIN, Monica; SHAY, David K; WATERMAN, Stephen H; MONTO, Arnold S. **Mask use, hand hygiene, and seasonal influenza-like illness among young adults: A randomized intervention trial**. *The Journal of Infectious Diseases*, Volume 201, n 4, Pages 491–498, 15 February 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/650396>.

AKAO, Y. **Quality Function Depolyment: integrating customers requirements into product design**. 1ª edição. Cambridge: Productivity Press, 1990.

ALVES, Teresa Cristina. **Manual de equipamentos de proteção individual**. 1ª edição online. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2013. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicacao/Documentos111.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITÁRIA. **Cartilha de proteção respiratória contra agentes biológicos para trabalhadores de saúde**. 2009. Disponível em: <http://www2.ebserh.gov.br/documents/214604/816023/Cartilha+de+Prote%C3%A7%C3%A3o+Respirat%C3%B3ria+contra+Agentes+Biol%C3%B3gicos+para+Trabalhadores+de+Sa%C3%BAde.pdf/58075f57-e0e2-4ec5-aa96-743d142642f1>. Acesso em: 17 de set. 2020.

ARAGÃO, W. **Respirador bucal**. *Jornal de Pediatria*, Rio de Janeiro, v. 64, n. 8, p. 349-352, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12543:1999 Equipamentos de proteção respiratória - Terminologia**. Rio de Janeiro, 1999.

AZEREDO, C. A. C. **Fisioterapia respiratória moderna**. 4ª ed. São Paulo: Manole, 2002.

BARKAN, P. Productivity in process of product development; an engineering perspective. **Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage**, New York, NY: Oxford University Press, V.1, p. 56-58, 1992.

BARRETO, Sérgio S. Menna; CAVALAZZI, Antônio Cezar. **Determinação dos volumes pulmonares**. *Brasília*, 2002. *J Pneumol* v. 28, n. 3, pg 96-100, outubro 2002. Disponível em: <https://cdn.publisher.gn1.link/jornaldepneumologia.com.br/pdf/Suple_136_45_33_determinacao_dos_volumes_pulmonares.pdf> Acesso em: 02 Nov. 2020.

BERNITEZ, Guilherme Brittes; NARA, Elpídio Oscar Benitez; SILVA, André Luiz Emmel e ALBERTI, Rafael Alvise. **Manufatura Lean e a Voz do Consumidor**. Simpósio maringense de produção – UEM. Maringa, v. 7, , 2014.

BOITEN, F. A.; **The effects of emotional behaviour on components of the respiratory cycle**. *Biological psychology*, Irlanda: Elsevier Science, v. 49, num. 1-2, p. 29-51, 1998.

BORGES, Fábio Morais; RODRIGUES, Celso Luiz Pereira. **Pontos passíveis de melhoria no método de projeto de produto de Pahl e Beitz**. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 271-281, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/zM3xjfK8dq48fms7tvsMFG/?lang=pt&format=pdf>

CARVALHO, M. M.; PATAH, L. A. **Métodos de gestão de projetos e sucesso dos projetos: Um estudo quantitativo do relacionamento entre estes conceitos**. *Revista de Gestão e Projetos - GeP*, São Paulo, v. 3, n. 2, p 178-206, mai./ago. 2012.

CEMIN, Ana. **Boletim Informativo da Plastech Brasil - Ano: 02 - Nº 06**. Caxias do Sul, junho/2007. Disponível em http://www.plastechbrasil.com.br/userfiles/feira_informe/01032010162403846_inform_e_jun07.pdf.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization, and management in the world auto industry**. 1º ed. Boston: Harvard Business School Press, 1991.

COLTON, C.E., WEBER, R.A., **Respirator Filter Collection Efficiency and US Respirator Recommendations for Biological Aerosols: A Review**. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR RESPIRATORY PROTECTION CONFERENCE, 12th., Yokohama, Japão, 2004. ABSTRACTS BOOK & SESSION PLANNER. Japão: ISRP, 2004. N039. Disponível em: http://www.isrp.com.au/isrpcom/journal/jp_abstracts/colton.htm; Acesso em: 18 de set. 2020.

ESTORILIO, Carla Cristina Amodio. **O trabalho dos engenheiros em situações de projeto de produto: Uma análise de processo baseado na ergonomia**. São Paulo, 2003. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-04092003-130656/publico/tese_final_completa_2003_acrobat.pdf, Acesso em: 10 de Out., 2020.

ETCHEPARE, Hélio; KINDLEIN JR, Wilson. Implementação de uma Materioteca no Estado do Rio grande do Sul. **Revista Tecnologia e Tendências**. Novo Hamburgo: Fevalle, ano 1, v. 1. p. 65-71, 2002.

FERNANDES, Carlos Aparecido; BERNDSEN, Julio Cesar; FORCELLINI, Fernando Antonio; MERINO, Eugenio Andres Diaz. **Diretrizes de usabilidade para equipamento de proteção individual**. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. Salvador, 2013. Disponível em:

http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_180_030_22024.pdf. Acesso em: 14 de out. 2020.

FERREIRA, Meire Coelho; GROSSEMAN, Suely; VIEIRA, Ricardo de Souza. **O que os professores de saúde que lidam com saúde materno-infantil deveriam saber sobre vacinas**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2003. Disponível em: <http://www.acm.org.br/revista/pdf/artigos/66.pdf>. Acesso em: 17 de abr. 2021

FIGUEIREDO, Silvana Delli Paoli. **Doenças infecciosas agudas das vias aéreas superiores na infância**. Secretaria municipal da saúde de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/sms-sp/2015/sms-10911/sms-10911-7594.pdf>. Acesso em: 22 de out. 2020.

FILHO, Eduardo Romeiro. **Projeto do produto**. 8ª Edição. Belo Horizonte: LIDEP/DEP/EE/UFMG, 2004.

GABAS, Glaucia Christine Cortelini. **Análise crítica dos critérios de seleção de respiradores para particulados em ambientes de mineração**. 124. Mestrado em Engenharia. Escola politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 1-124. 2008.

GARCIA, Leila Posenato. **Uso de máscara facial para limitar a transmissão da COVID-19**. Epidemiol. Serv. Saude, Brasília, 29(2):e 2020023, 2020.

GARVIN, D. A. **Building a learning**. Harvard Business Review 71, Cambridge, Massachusetts n. 4, p. 78–91, Jul.–Ago., 1993.

GIORDANI, Marlova. **Elaboração e implementação de programa de proteção respiratória em frigorífico de aves: seção de pendura de aves vivas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, p. 1- 73, 2014.

GUALBERTO B. D.; BARRETI, P. B.; COELHO, R. S.; MORAES, J.C.; SOUZA, J. M. L. O. **Equipamentos de proteção individual - EPI**. Proex - UFLA, Lavras, circular ano VII, n o 111, 1999.

JUNIOR, Eueliton M. C.; BOAS, K. R V.; QUINTINO, L. F.; PIAZZA, C. A. D.; ANDRADE, A. A. **Qualidade do ar: Os riscos da prática de atividades físicas em locais abertos na cidade de São Paulo**. XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste, Brasília, P. 806-812, 2016.

LIMA, Carlos Bezerra; SANTANA, Vanessa Silva; DA SILVA, Surellyson Oliveira Pereira. **Uso de equipamento de proteção individual: Abordando a dificuldade de adesão do profissional de enfermagem**. Temas em saúde. n. 1, vol. 17, p. 1-14 João Pessoa, 2017.

LOPES, André Neto; BARRETO, Maria de Lourdes. **A utilização do EPI neutraliza a insalubridade. Revista CIPA – Caderno de prevenção de acidentes**. São Paulo: CIPA Publicações, ano xvii, n. 187, 1996.

MÁCARIO, Isabella. **Uso de máscaras de proteção: Intervenção não farmacêutica contra a COVID-19.** 1ª ed, vol. 3, Pará: Rfb Editora, 2020.

MACINTYRE, R C; HASANAIN, JS. **Community universal face mask use during the COVID 19 pandemic-from households to travellers and public spaces.** *Journal of Travel Medicine*, Oxford, v. 27, n. 3, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.103/jtm/taaa056>. Acesso em: 17 de out., 2020

MAGANIN, Cristina Gomes de Macedo; QUELUZ, Dagmar de Paula. **Importância do uso de equipamento de proteção individual, enfocando máscaras e respiradores.** *Revista UNINGA*, Maringa, n 22 p. 161-173, out./dez. 2009.

MARIEB, Elaine; WIHELM, Patricia; MALLAT, Jon. **Anatomia humana.** 7ª ed. São Paulo: Pearson Education, 2014.

MARTINS, Ricardo. **Por que as infecções de vias aéreas superiores devem ser consideradas uma doença de cuidado comunitário prioritária?** *Revista Connection Line - Revista Eletrônica do Univag*, n. 16, Várzea Grande, 2017. Disponível em: <http://www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/374/586>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

NETO, Elias Antonio Berni; RIBEIRO, Caue; ZUCOLOTTI, Valtencir. **Síntese de nanopartículas de prata para aplicações na sanitização de embalagens.** Comunicado técnico. São Carlos, SP, n.99, 2008. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/11896/1/CT99_2008.pdf. Acesso em: 10 jul. 2020.

Ministério do Trabalho. Portaria MTb. n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 6, Norma Regulamentadora-6. Equipamentos de Proteção Individual. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jun. 1978.

PASTORE, Oswaldo de Almeida; IRAMINA, Wilson Siguemasa. **A influência da temperatura na eficiência de filtros com carga eletrostática usados na proteção respiratória.** *Revista brasileira de Saúde ocupacional*, São Paulo, v.34, p.28-39, 2009

TAMINATO, Monica; MIZUSAKI-IMOTO, Aline; SACONATO, Humberto; FRANCO, Eduardo Signorini Bicas; PUGA, Maria Eduarda; DUARTE, Márcio Luís; PECCIN, Maria Stella. **Máscaras de tecido na contenção de gotículas respiratórias – revisão sistemática.** *Acta Paul Enferm.* 2020:eAPE20200103, São Paulo.

PINTO, Rochelly Sirremes; FONTENELLE, Maria Aridenise Macena. **Desdobramento da função qualidade – QFD no processo de desenvolvimento de produtos: Uma aplicação.** XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Salvador, BA, 2013. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_181_033_22774.pdf, Acesso em: 08 de dez., 2020

PRATO, M. I. C.; SILVEIRA, A.; NEVES, E. T.; BUBOLTZ. **Doenças respiratórias na infância: uma revisão integrativa.** Rev. Soc. Bras. Enferm. Ped., v.14, n.1, p 33-39, Julho, 2014.

SILVA, Raquel Souza Miranda; ROCHA, Luciana Barros Almeida; HUANG, Virgínia Pereira; SANTOS, Ana Katarina da Silva; IMOTO, Aline Mizusaki; SILVA, Vinicius Maldaner. **Uso de máscara de tecido pela população na contenção da disseminação da COVID-19: scoping review.** Comunicação Ciências Saúde, Brasília, DF, v.31, n.1, p.162-183, 2020. Disponível em: <http://repositorio.fepecs.edu.br:8080/jspui/bitstream/prefix/164/1/730-Outros-4040-1-10-20200814%20%281%29.pdf>. Acesso 02 de ago., 2020

SIMONI, Isabela Cristina. **Tratamentos antivirais.** São Paulo, 2003. Biológico, São Paulo, v.65, n.1/2, p.41-44, jan./dez, 2003. Disponível em: http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v65_1_2/simoni.pdf. Acesso em: 30 de Set., 2020.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** Ed. 2. São Paulo: Atlas S. A., 2002.

TORLONI, Maurício. **Programa de proteção respiratória, seleção e uso de respiradores.** Ed. 1. São Paulo: FUNDACENTRO, 2002.

TORRES, Jocelito. **Dossiê Técnico – Simulação computacional do processo de injeção em ambiente virtual.** Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT , Esteio, 2007. Disponível em: https://www.senairs.org.br/sites/default/files/documents/simulacao_computacional_do_processo_de_injecao_em_ambiente_virtual.pdf. Acesso em: 12 de mai., 2021

TORTORA, Gerard J; DERRICKSON, Bryan. **Corpo Humano – Fundamentos de anatomia e fisiologia.** Ed.10, São Paulo: Artmed, 2010.

VENDRAME, Antônio Carlos (2012). **EPI: Não basta fornecedor, tem de cumprir a legislação.** Portal da segurança - Viaseg, Disponível em <<http://www.viaseg.com.br/artigos/epi.htm>> Acesso em 20 de agosto de 2020.

ZAGO, Camila Avozani; WEISE, andreas Dittmar; HORNBURG, Ricardo André. **A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas.** In: Anais do VI CONVIBRA – Congresso Virtual Brasileiro de Administração, 2009. p. 1-15. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Camila_Zago3/publication/238742986> Acesso em: 20 de outubro de 2020.

ZAPATA-GIRALDO, J.; BOTERO, L. E.; MEJÍA, M. L.; ESCOBAR-MORA, N.; ORTIZ-TRUJILLO, I.;GALEANO, U. B. J.; HOYOS, L. M.; CUESTA, D. **Têxteis funcionais como barreira à proteção contra infecções associadas aos cuidados de saúde.** Rev. EIA. Esc. Ing. Antioq [online]. 2018, vol.15, n.29, pp.13-29. ISSN 1794-1237. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/v15n29/1794-1237-eia-15-29-13.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2020.