



Universidade de Brasília (UnB)

Instituto de Artes (IDA)

Departamento de Design (DIN)

Marcio von Sperling Ribeiro Coelho

## **CLIPSHIELD**

Planejamento Digital e Impressão de Dispositivos para Escudo Facial  
Plástico

Brasília

Maio/2021



Universidade de Brasília (UnB)

Instituto de Artes (IDA)

Departamento de Design (DIN)

Marcio von Sperling Ribeiro Coelho

## **CLIPSHIELD**

Planejamento Digital e Impressão de Dispositivos para Escudo Facial  
Plástico

Monografia apresentada ao Departamento de Design da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Design com habilitação em Projeto de Produto, sob a orientação da professora Nayara Moreno de Siqueira.

Brasília

Maior/2021

*“Cu è surdu, orbu e taci, campa cent'anni 'mpaci.”*

*(provèrbio siciliano)*

## **AGRADECIMENTO**

### ***À minha família***

Agradeço imensamente a minha família, que assistiu a uma jornada que envolveu inúmeras tomadas de decisão e reviravoltas quanto ao caminho que gostaria de seguir no ramo profissional. De um período sonhando com a diplomacia, a outro estudando ciências políticas, a outro mais me encaminhando à engenharia mecânica, terminei por escolher o design como meu destino, ainda que muito depois de haver cursado o ensino médio. Não importando a decisão, minha mãe sempre esteve lá para me guiar e apoiar, com as devidas lições subsequentes. Agradeço bastante ao meu padrinho, que sempre auxiliou como pôde em inúmeros momentos, sempre encorajando minha trilha ao projeto de produto. Se não fosse por todos vocês, abrindo meus horizontes desde muito jovem, talvez este caminho não estivesse sendo trilhado.

### ***Aos meus amigos***

Um agradecimento em especial a dois de meus melhores amigos, que tive o prazer de conhecer no primeiro semestre no design na UnB, Guilherme e Alexandre. Foi graças, muitas vezes, ao apoio de ambos que pude me manter mais forte do que nunca quanto a meus princípios e ambições, independente das crenças de outros. Obrigado por estarem sempre presentes durante o curso, sempre deixando um sentimento de felicidade e bem estar.

Agradeço, também, a todos os meus amigos da Draken Medieval Fight Club, minha segunda família, à qual me dedico integralmente, como todas as minhas forças. Obrigado Filipe, Lobo, Roger, João, Pedro e Carol, por ajudarem a manter nosso sonho de pé, para que juntos possamos conquistar o campeonato mundial. Sou grato a todos por, acima de tudo, manterem minhas energias fortalecidas, me motivando a treinar e viver uma vida saudável.

### ***Aos mestres***

Agradeço enormemente a todos os professores que tive o prazer de conhecer ao longo de minha graduação, pela formação que me proporcionaram. Agradeço, em especial, à minha orientadora Nayara Moreno, que me apoiou enormemente durante o desenvolvimento de meu projeto na disciplina PP3, assim como aceitou e orientou

a execução do presente projeto. Por fim, à professora Loise Salles, que ao final de minha graduação se fez muito presente e apresentou um enorme escopo de atuação do design na área de saúde durante a pandemia, além de haver aceito ser membro da banca avaliadora.

### ***À TRION 3D***

Agradeço aos profissionais da Trion 3D, que apoiaram o desenvolvimento de variados projetos, este incluso, além de terem aberto meus horizontes à atuação do designer na área de saúde, evidenciando um enorme ramo de atuação, com impactos diretos e significativos a inúmeras vidas, que hoje podem sorrir com mais vontade, sentem-se mais confiantes e inclusive retomaram o funcionamento completo de suas oclusões dentárias.

### ***A Deus***

Sei que tudo o que ocorre em nossas vidas, ocorre por uma razão, com algo maior por detrás. Procuro me esforçar ao máximo sempre, fazer minha parte, pois sei que posso depositar toda minha confiança em Deus, e que ele avalie meu esforço. Obrigado por proporcionar todos esses momentos que vivenciei, e colocar as pessoas certas em minha vida. Sou, de fato, muito abençoado.

## RESUMO

A pandemia causada pelo novo Corona Vírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave de Wuhan (SARS-CoV-2) causou uma escassez mundial de equipamentos de proteção individual (EPIs). O presente trabalho teve por objetivo criar um dispositivo para adaptação de escudo facial a óculos oftálmicos e EPIs, com base no projeto de contingência à COVID-19 (FAPDF N<sup>o</sup>. 00193-00000514/2020-61). O resultado, que superou a distribuição almejada de 1000 kits do produto ao Hospital Universitário de Brasília (HUB), impressos em equipamento de prototipagem rápida por estereolitografia (impressora SLA), despertou, ao longo de seu desenvolvimento, o interesse por dispositivos que se adaptassem também a óculos oftálmicos. A presente monografia apresenta a ideação do desenho e das conformidades físicas de um clip universal que atenda não apenas profissionais de saúde. A padronização ideal dos procedimentos de fabricação e arte gráfica de protocolos do processo de cura e de manuseio do produto também foram desenvolvidos como parte desta monografia e do projeto. O dispositivo final deste trabalho, denominado clipe, apresenta-se como um produto de uso universal, destinado a todos os tipos de indivíduos, sendo capaz de suprir as demandas determinadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Os manuais desenvolvidos, mediante sua arte gráfica, tornaram informações relevantes compreensíveis e acessíveis aos usuários. As adaptações realizadas permitiram atingir objetivos específicos para que outras pessoas possam utilizar o dispositivo em suas atividades cotidianas, adaptados até mesmo a óculos com adereços. Trata-se de adição de invenção com potenciais impactos positivos à biossegurança e o fluxo de trabalhos relativo a impressoras 3D SLA, gerando impacto na qualidade de vida, no sentimento de bem-estar emocional e psicológico do público-alvo. O produto desenvolvido encontra-se protegido por pedido de patente previamente depositado no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), número BR 20 2020 022849 3.

Palavras-chave: Clipe, EPI, biossegurança, bem-estar, prototipagem rápida, saúde, vírus.

## ABSTRACT

The pandemic caused by the new Corona Virus of the Wuhan Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS-CoV-2) caused a worldwide shortage of personal protective equipment (PPE). This project aimed to develop a device for adapting a facial shield to ophthalmic glasses, based on the COVID-19 contingency project (FAPDF N<sup>o</sup>. 00193-00000514/2020-61). The result, which exceeded the desired distribution of 1000 product kits to the Hospital Universitário de Brasília (HUB), printed on stereolithography rapid prototyping equipment (SLA printer), aroused, throughout its development, the interest in devices to adapt on ophthalmic glasses as well. This project presents the idealization of the design improvements and the physical conformities of a universal Clipshield that meets not only health professionals. The manufacturing procedures and graphic art protocols standardization for resin curing and dispositive handling were also developed as part of this monograph and the previous project. The final device of this work, called a clip, presents itself as a product of universal use, intended for all types of individuals, to meet the demands of the World Health Organization (WHO). The developed manuals, through their graphic art, made relevant information understandable and accessible to all users. The adaptations allowed to achieve specific goals for people to use the device in their daily activities even adapted to fashion glasses with props. This monograph describes the creative process of an innovative invention with potential positive impacts on biosafety and the workflow related to 3D SLA printers, possibly generating impacts to the quality of life on the emotional and psychological well-being of people. The device is under INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) protection, patent number: BR 20 2020 022849 3.

Keywords: Clip, PPE, biosafety, wellbeing, rapid prototyping, health, virus.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Clipe Original.....	15
Figura 2: Operações Booleanas.....	28
Figura 3: Subdivision modifier .....	29
Figura 4: Exemplo de tórus com baixo número de segmentos.....	39
Figura 5: Exemplo de tórus ainda mais simplificado .....	40
Figura 6: Possíveis modalidades de encaixe do escudo facial ao clipe .....	41
Figura 7: Haste de encaixe por pressão.....	42
Figura 8: Associação de formas de encaixe.....	44
Figura 9: Abordagem dos formatos por meio de rascunhos.....	46
Figura 10: Distintos formatos abordados em software 3D.....	47
Figura 11: Alternativas com formato triangular.....	48
Figura 12: Alternativas com formato circular .....	49
Figura 13: Mirror modifier .....	51
Figura 14: Aperfeiçoamento do formato .....	52
Figura 15: Vista frontal do clipe .....	53
Figura 16: Vista superior do clipe .....	53
Figura 17: Manual de pós-produção de resina SLA .....	60
Figura 18: Manual de instalação dos cliques .....	62
Figura 19: Render 1 .....	63
Figura 20: Render 2 .....	64
Figura 21: Render dos cliques.....	64
Figura 22: Propriedades de material do clipe no Blender.....	65
Figura 23: Cliques impressos .....	65
Figura 24: Óculos EPI com escudo acoplado.....	66
Figura 25: Óculos EPI com escudo acoplado.....	67



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Área de atuação.....	20
Gráfico 2: Tipos de EPI utilizados .....	21
Gráfico 3: Mês que iniciaram o trabalho com escudo facial .....	22
Gráfico 4: Mês que iniciaram o trabalho com escudo facial .....	22
Gráfico 5: Avaliação de importância do escudo facial .....	23
Gráfico 6: Tipos de EPI utilizados .....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Grupos de risco .....	20
---------------------------------	----

# Sumário

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1. COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....</b>	<b>18</b>
1.1 A pandemia .....	18
1.2 Pesquisa quantitativa em relação ao uso de EPI .....	19
1.3 A impressão 3D.....	24
1.4 O software Blender 3D .....	25
1.5 A cura de resinas SLA.....	30
1.6 O Design Universal .....	31
<b>2. PROBLEMA DE PROJETO E GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>33</b>
2.1 Metodologia.....	33
2.2 Definição e categorização de requisitos.....	37
2.3 Geração de Alternativas.....	39
2.3.1 O encaixe do escudo plástico .....	41
2.3.2 O corpo do clipe.....	44
2.3.3 Impressão e cura da resina .....	54
3.1 Adequação aos Requisitos.....	57
3.2 Desenvolvimento de Manuais .....	58
3.3 <i>Rendering</i> Final.....	63
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>68</b>
<b>RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>72</b>
Desenhos técnicos.....	72
<b>Apêndice B.....</b>	<b>76</b>

Manuais .....	76
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>78</b>
Entrevista com técnico de impressão 3D em saúde .....	78

## INTRODUÇÃO

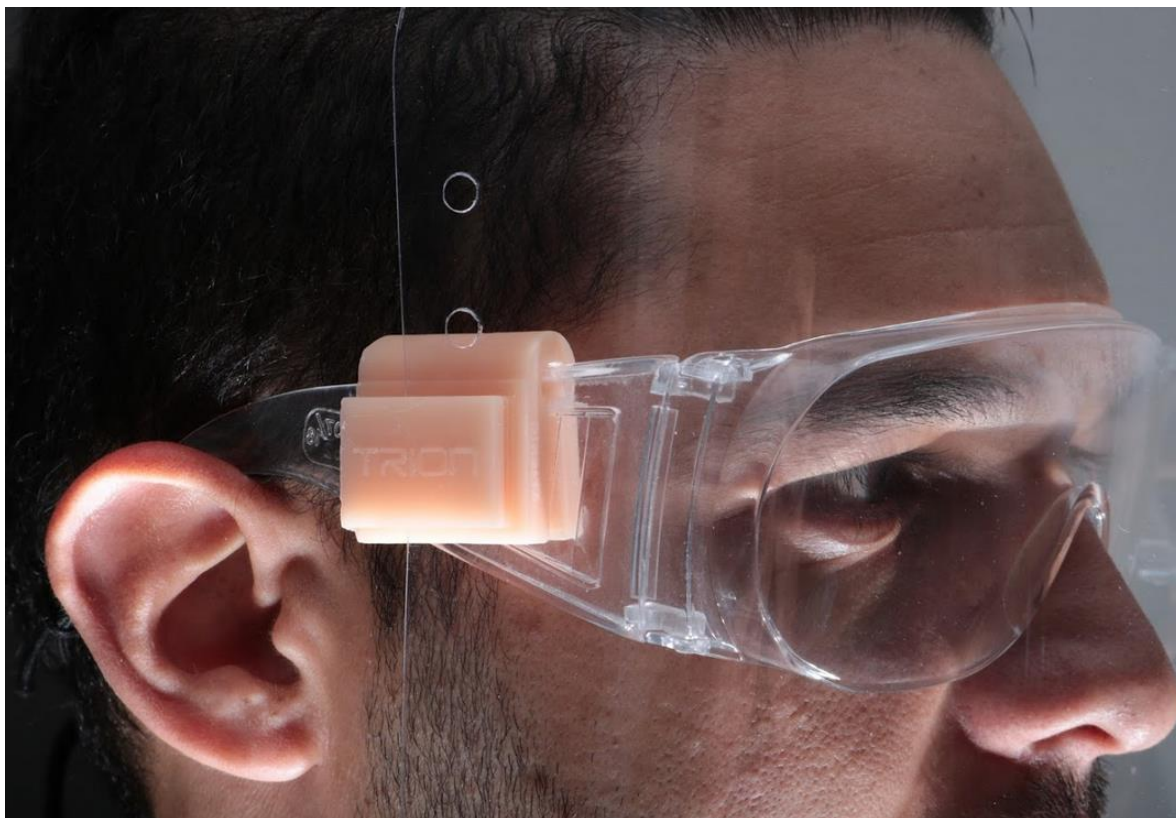
A carência de equipamentos de proteção individual (EPIs) por profissionais de saúde se mostrou evidente durante o início da pandemia de COVID-19, tendo sido alvo de projeto denominado “Planejamento Digital e Impressão de Dispositivos para Escudo Facial de Acetato Atendendo ao Plano de Contingência da Pandemia de COVID-19”, estabelecido com o objetivo de suprir demandas por dispositivos do tipo. Após a finalização dos trabalhos, que culminaram em uma distribuição superior à demandada pelo projeto, observaram-se pontos que, caso fossem considerados de início, poderiam ter resultado em eficiência ainda maior quanto às etapas de produção, além de haver interesse de pessoas comuns pelo dispositivo.

Os trabalhos, concluídos, incluíram o desenvolvimento de dispositivo de proteção individual para a face, em forma de “escudo facial”, para profissionais de saúde atuantes no HUB, em situação de risco de contaminação devido ao Corona Vírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave de Wuhan (SARS-CoV-2), assim como a produção de 1000 conjuntos de EPI, auxiliada pela utilização de equipamento de impressão 3D, além de elaboração de avaliação retrospectiva da razão de chances de ocorrência de COVID-19 mediante à utilização de escudo de proteção facial. A procura por um produto universal, ou seja, direcionado à população como um todo, ainda, demonstrou-se evidente a partir do momento em que se encerra a percepção de apenas uma crise de falta de EPIs e se inicia a definição do produto enquanto meio de preservação do sentimento de plena segurança e maior conforto psicológico.

O projeto em parceria com a FINATEC e a Fundação de Apoio à Pesquisa do DF (FAP-DF, 00193-00000514/2020-61), teve como produto, além dos dispositivos Clipshields, um estudo de avaliação da prevalência da COVID-19 em profissionais de saúde do Distrito Federal (DF), bem como, a eficácia e adesão a equipamentos de proteção individual (EPIs), por um censo eletrônico anônimo. O estudo estabeleceu um censo eletrônico anônimo, com 111 participantes, em análise estatística *Odds ratio*, *Fisher's exact test* ( $p < 0.05$ ). Dentre os participantes, 60.4% eram cirurgiões-dentistas (CDs), 14.4% enfermeiros, 10.8% médicos, 1.8% fisioterapeutas e 12.6% outros. Foi verificado que os equipamentos de proteção

mais utilizados foram luvas (76.6%), gorro (75.7%), máscara comum (66.7%), máscara N95 (66.7%), avental descartável (65.8%), óculos de proteção (64.9%) e escudo facial (57.7%). Dos participantes, 24.5% foram diagnosticados com COVID-19 e 6.7% acreditavam o contágio ter ocorrido no trabalho. A razão de chances (Odds) de contrair COVID-19 pelo não uso de escudo facial foi significativa, alcançando a marca de 8.88, CI 95%: 3.12-27.2 ( $p=0.000$ ). As *Odds ratios* para N95 e outros EPIs não foram significativas. A adesão ao escudo facial foi superior no grupo de cirurgiões dentistas (80.6%), com médicos (50%) em segunda colocação, seguidos por enfermeiros (25%). Em suma, foi evidenciado que profissionais de saúde que não utilizam escudo de proteção facial podem ter, aproximadamente, 9 vezes mais chance de contrair COVID-19, concluindo-se que o uso deste EPI possa ser um indicador de necessidade de maior atenção aos protocolos de biossegurança.

Os dispositivos inicialmente produzidos (Figura 01) foram impressos em resinas fotopolimerizáveis em equipamentos SLA (Estereolitográficos) e DLP (Digital Light Processing). Assim que retirados da impressora, após tempo médio de 2 horas e 25 minutos para se produzir 5 pares, com a entrega de alguns produtos ao HUB, foi observada demanda por itens de aplicação a óculos comuns e uma maior eficiência produtiva, o que resultou na criação de design de menor dimensão e, assim, foi possível praticamente triplicar a produção, com a impressão de 14 pares em menor tempo. Os dispositivos necessitam de procedimento que almeje cura completa da resina, composto por distintas etapas que envolvem imersão em álcool, utilização de ultrassom e exposição a radiação UV, por distintos períodos de tempo. O processo de produção, complexo, é extremamente vulnerável a variações quanto às distintas etapas de produção após a retirada da máquina e utilização de mão de obra humana, não tendo sido provido de manual de orientações, o que pode ter prejudicado, de início, a previsibilidade do procedimento de cura, resultando em maior descarte após controle de qualidade.



**Figura 1: Clipe Original**

O projeto consistiu em clipe desenhado em software livre (Blender 3D), com posterior impressão em resina biocompatível e autoclavável, com o objetivo de aumentar a eficiência de produção observada e desenvolver produto que atenda a necessidades não apenas de profissionais de saúde, mas da população como um todo. Com o modelo produzido em software 3D, é selecionada a opção de exportação de dados em STL (*Standart Triangle Language*, ou Linguagem Padrão de Triângulos), formato de arquivo amplamente utilizado em prototipagem rápida, impressão 3D e mecanismos CAM (*Computer-aided Manufacturing*, ou manufatura auxiliada por computador). O formato, sendo o mais utilizado para o tipo de confecção em questão, é reconhecido por todos os dispositivos de impressão 3D, permitindo também eventual conversão.

Observaram-se, a partir de análise inicial do trabalho exercido, duas áreas de atuação, como a estabelecer aprimoramentos e adaptações, ao mesmo tempo em que se busca desenvolver um produto universal. A primeira, em âmbito físico, trata-se da criação de novo produto, com o objetivo de reduzir a quantidade de peças descartadas após impressão ou cura, possuindo maior compatibilidade com outros equipamentos de impressão e materiais, revelando-se enquanto equipamento

universal, ou seja, aplicável ao maior número de armações possível, dedicado à população. Os óculos oftálmicos de profissionais de saúde devem ser simples, sem adereços ou áreas de acúmulo de sujidades. Ademais, é aconselhável que os profissionais de saúde tenham óculos oftálmicos específicos para trabalho, diferente de seus óculos de passeio. Os óculos dos profissionais de saúde também oferecem menos stress de uso-desuso ao clip, do que óculos de pessoas comuns que provavelmente removerão e recolocarão os dispositivos inúmeras vezes. Portanto, um desenho para uso universal deveria considerar adaptação em hastes com enfeites, de maiores dimensões e maior carga de uso-desuso. Um dos desenhos originalmente utilizados permitia instalação apenas a óculos de EPI, enquanto outro proporcionava maior compatibilidade a óculos oftálmicos, após demanda. A segunda via de atuação, mais complexa, trata-se da avaliação e replanejamento de todas as etapas de produção, desde o posicionamento dos arquivos em programa específico da impressora utilizada, com o correto estabelecimento dos parâmetros de impressão, ao processo de cura final dos dispositivos, com os objetivos de tentar zerar perdas durante a impressão ou a cura final.

O desenho de uso universal considerou compatibilidade com outros equipamentos de impressão e materiais, por exemplo: Impressora de filamento, afinal para o uso cotidiano não há demanda por grau cirúrgico, esterilização semelhante às dos profissionais de saúde. Um dos desenhos originalmente utilizados permitia instalação apenas a óculos de proteção, enquanto a ideia evoluiu para proporcionar maior compatibilidade também a óculos oftálmicos, após demanda. Identificou-se, portanto, a oportunidade de desenvolvimento de não somente um novo produto, de caráter mais abrangente, como também a estruturação de manual completo para a utilização do equipamento produzido, orientando o usuário quanto a cuidados e limites, sendo mantidos todos os requisitos prévios e qualidades esperadas. O objetivo final do presente projeto trata-se, assim, do desenvolvimento de novo produto, aplicável a óculos de proteção e oftálmicos, somado à criação de um processo de produção definido e padronizado, buscando ainda maior eficiência produtiva.

A utilização de escudo facial por profissionais da área de saúde é essencial, principalmente ao considerar-se a transmissibilidade do SARS-CoV-2 por meio de partículas (saliva). O profissional de saúde está constantemente sujeito à emissão



de saliva e sangue por parte do paciente em operações intrabucais. No entanto, em pesquisa feita no Hospital Universitário de Brasília, apenas 58% dos profissionais faziam uso do escudo facial, principal equipamento de proteção contra partículas, durante os procedimentos. O grupo, ainda, apresentava constantes queixas quanto ao desconforto causado por modelos do equipamento acoplados diretamente à testa, resultando na opção de não utilização ao considerarem diversos outros fatores. Os modelos comuns possuem baixa portabilidade, são descartáveis, muitas vezes não permitem a troca da folha de acetato protetora, não são autoclaváveis e, principalmente, devem ter sua produção demandada a terceiros, o que pode custar tempo e oferecer risco de falta de estoque, não sendo possível produzi-los de maneira eficaz com o uso de impressora 3D. Alguns escudos de proteção facial comerciais, também, não cobrem completamente a testa do profissional e portanto não cumprem as orientações da OMS. O desenho proposto neste trabalho é ajustável conforme as características faciais de cada indivíduo.

O objetivo geral do projeto, portanto, é o desenvolvimento de produto universal, definido como dispositivo para encaixe de escudo protetor (clipe) a hastes de óculos oftálmicos e de proteção, proposto como equipamento de proteção individual, provido de manuais de utilização e de cura e produção final de artigos em resina biocompatível e polimerizável.

Para o atingimento desse objetivo geral, o projeto é orientado pelos seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver produto de design universal que possibilite a acoplagem de escudos protetores compostos por diversos materiais, como lâminas plásticas, chapas de PETG, folhas de acetato, dentre outros;
- Elaborar adaptações estruturais a produto desenvolvido previamente, minimizando pontos de estresse;
- Desenvolver método eficiente de encaixe a escudos plásticos;
- Possibilitar a confecção em diversos materiais, a partir de modelo tridimensional, por impressoras de resina ou filamento;
- Facilitar e fomentar a utilização de escudos faciais;
- Elaborar material instrucional à utilização do produto e procedimentos de cura de resina fotopolimerizável;

Os assuntos que serão abordados pelo presente projeto são divididos em distintos capítulos. O primeiro, denominado “Coleta e Análise de Dados”, apresenta informações e conhecimentos teóricos pertinentes à realização dos trabalhos, com a contextualização do projeto, apresentação de informações obtidas durante realização de projeto financiado pela FAPDF, informações acerca de impressão 3D, os princípios de design universal e definições relativas ao software utilizado para design do produto.

O capítulo 2, chamado de “Definição de Projeto e Geração de Alternativas”, demonstra a materialização dos conceitos e ideias abordados, com constante retomada da metodologia, pesquisas e estabelecimento de requisitos para a criação do produto.

Por último, no capítulo 3, será apresentada a solução elencada, com respectiva justificativa, *rendering* final, desenhos técnicos e especificação de processos de fabricação e montagem.

## **1. COLETA E ANÁLISE DE DADOS**

### **1.1 A pandemia**

Em 2019, em Wuhan, província de Hubei, China, surgiu um novo vírus, identificado como a causa da COVID-19 (Corona Virus Disease 2019). O primeiro relato de um conjunto de casos de pneumonia atípica no local ocorreu no final de dezembro de 2019, tendo sido publicado, em 12 de janeiro de 2020, o primeiro sequenciamento do novo SARS-CoV-2 no GenBank (Acesso: MN908947). A busca pela origem do novo SARS-CoV-2 levou ao isolamento de um coronavírus de um morcego por pesquisadores do Instituto de Virologia de Wuhan, codificado como RaTG13, um morcego-ferradura da espécie *Rhinolophus affinis*.

A comparação entre uma amostra de coronavírus de morcego isolada das fezes do RaTG13 em 24 de julho de 2013, comparada à sequência genética publicada no GenBank em janeiro de 2020 (acesso: MN996532.1), identificou aproximadamente 97% de identidade. Foi avaliado, assim, que o coronavírus RaTG13 é o parente mais

próximo do novo coronavírus, sendo que ambos são de uma linhagem diferente dos outros SARS-CoVs. O alinhamento dos genomas mostra ao menos quatro mutações no novo vírus corona, algumas permitindo uma migração do SARS-CoV-2 à espécie humana e capacitando a transmissão do vírus de uma pessoa a outra, diferentemente de outros SARS-CoV anteriormente identificados. A virulência do SARS-CoV-2 foi potencializada por suas características moleculares e mutações.

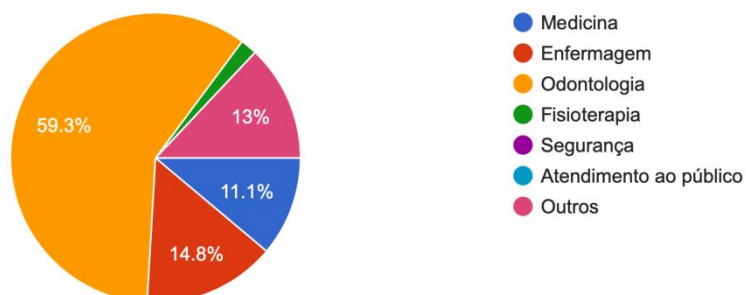
Em 11 de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou o COVID-19 como uma pandemia, enquanto o novo coronavírus atingia 114 países com 118 319 casos confirmados e 4.292 mortes, grande parte na China. Além disso, de acordo com a organização, em 29 de maio de 2020, 315 países / territórios / áreas notificaram casos e óbitos de COVID-19 confirmados em laboratório. O número global chega a 153 milhões em maio de 2021. Os casos catalogados foram descritos como casos confirmados (61,8%), casos suspeitos (22,4%), casos diagnosticados clinicamente (14,6%) e infecções assintomáticas (1,2%). Pessoas assintomáticas infectadas podem não apresentar sintomas ou sinais, mas são potenciais transmissores de infecção por meio da tosse ou espirro, pois o período de incubação é de aproximadamente 5,2 dias.

## **1.2 Pesquisa quantitativa em relação ao uso de EPI**

De forma a avaliar a utilização de equipamentos de prevenção em centros hospitalares, como máscaras, escudos faciais, toucas, luvas e outros, foi realizada pesquisa no Hospital Universitário de Brasília, com o objetivo de verificar áreas de atuação de profissionais e a prevalência dos distintos dispositivos de proteção individual. Ao início da pesquisa quantitativa, elaborada durante o projeto exercido em parceria com a FINATEC, que contou com a participação de 108 pessoas, elaborada no Hospital Universitário de Brasília, indagou-se a área de atuação de cada profissional participante, sendo a Odontologia a mais proeminente, beirando os 60% dos casos. Com a possibilidade de demarcar múltiplas opções, investigou-se a presença dos componentes nos diversos grupos de risco mais comuns, como a identificar diabéticos, hipertensos, obesos e maiores de 60 anos, dentre outros.

### Área de atuação

108 responses



**Gráfico 1: Área de atuação**

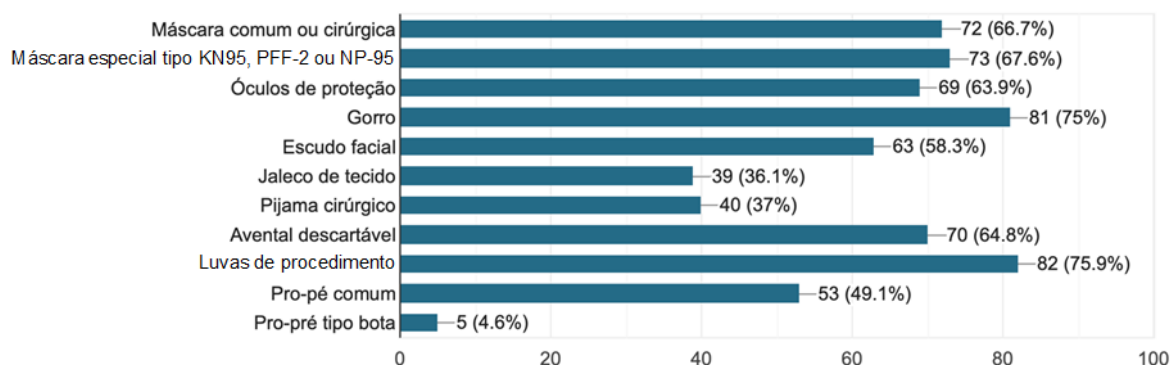
**Tabela 1: Grupos de risco**

Risco	Número de resposta
Não faço parte de grupo de risco	90
Hipertensão	8
Diabetes	4
Asma	4
Gestante	1
Acima de 60 anos	2
Outros	4

Em seguida, procurou-se identificar o tipo de Equipamento de Proteção Individual mais utilizado, permitindo mais de uma resposta dos participantes. Como esperado, profissionais de saúde costumam utilizar mais de um tipo de proteção e estar bem equipados, como evidenciado pela utilização de 6 dos itens por ao menos 60% dos participantes, chegando a 75% a utilização de gorro e luvas de procedimento. 58% dos entrevistados utilizavam escudo facial.

Qual tipo de EPI você usa durante o período de trabalho? (Essa pergunta permite mais de uma resposta)

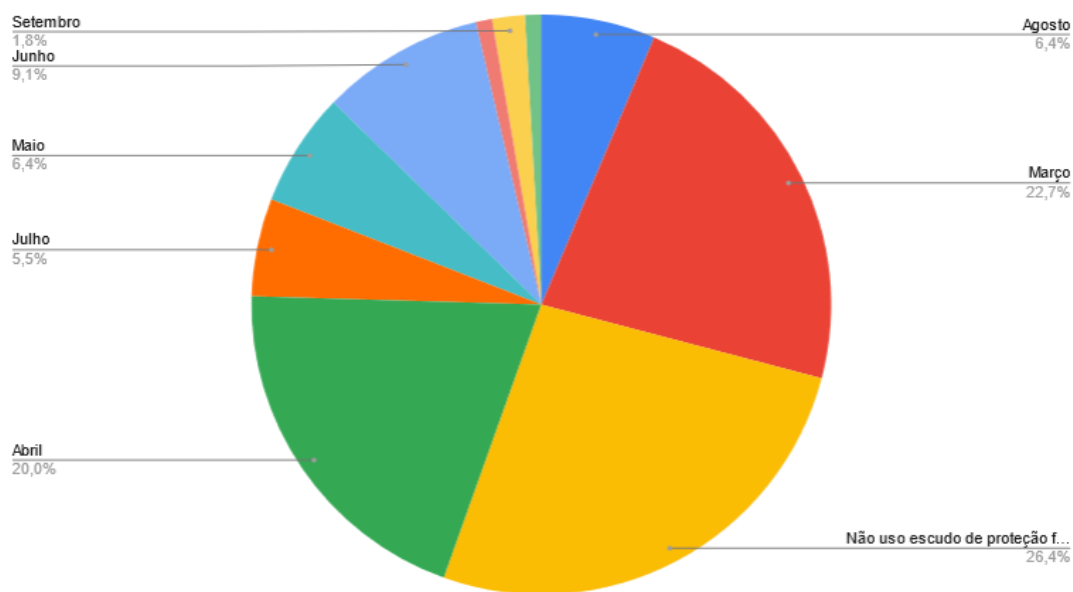
108 respostas



**Gráfico 2: Tipos de EPI utilizados**

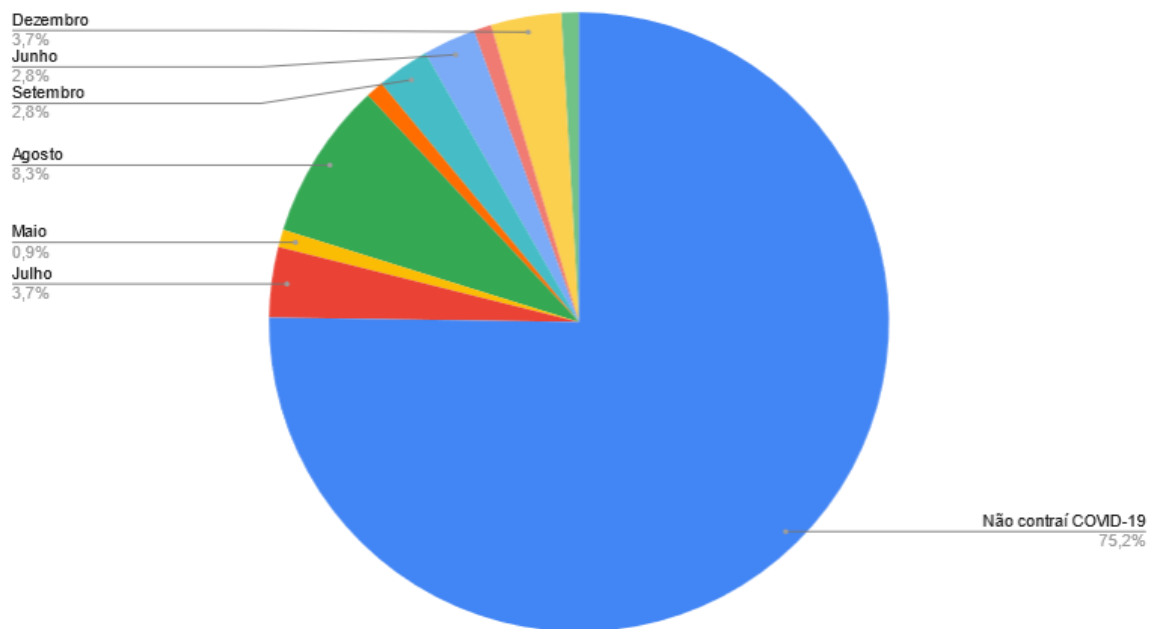
Como a identificar a presença dos escudos faciais no hospital e justificar a implementação do presente projeto, foi indagado o mês a partir do qual o participante passou a utilizar o equipamento e, em seguida, se contraíram COVID-19 e quando. Cerca de 26% dos profissionais explicitaram a não utilização do equipamento, enquanto usuários passaram a utilizá-lo com maior veemência a partir dos meses março e abril.

Contagem de A partir de que mês começou a trabalhar com o escudo facial?



**Gráfico 3: Mês que iniciaram o trabalho com escudo facial**

Quando contraiu COVID-19?

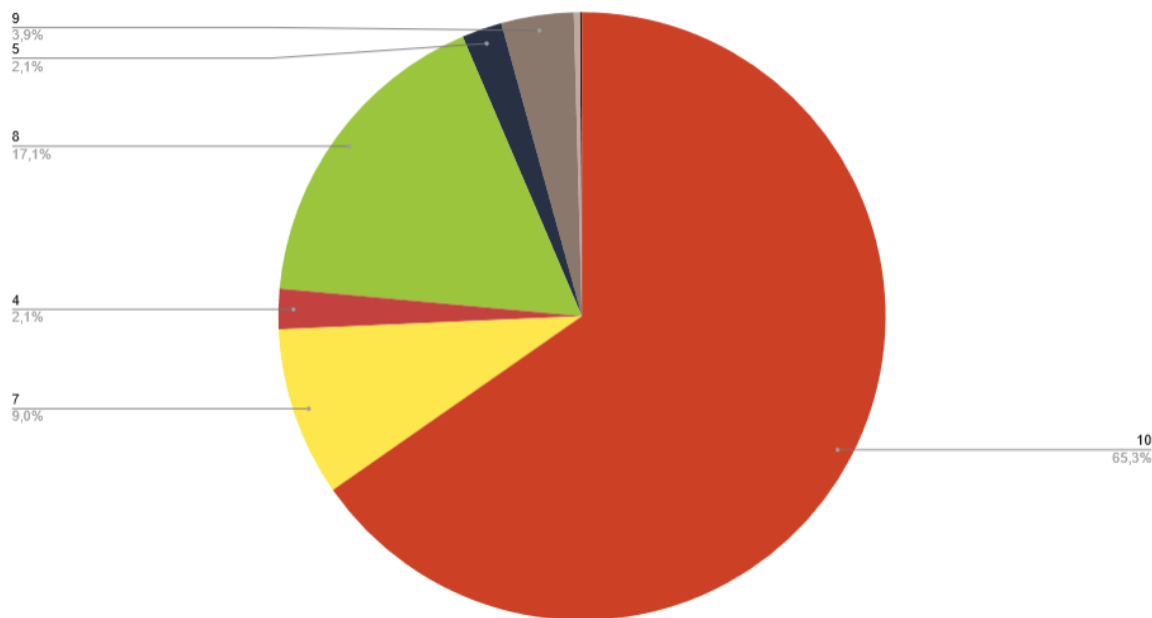


**Gráfico 4: Mês que iniciaram o trabalho com escudo facial**

Os participantes foram encorajados a classificar o nível de importância da utilização de escudo facial objetivando a prevenção do contágio, sendo 0 pouco importante e

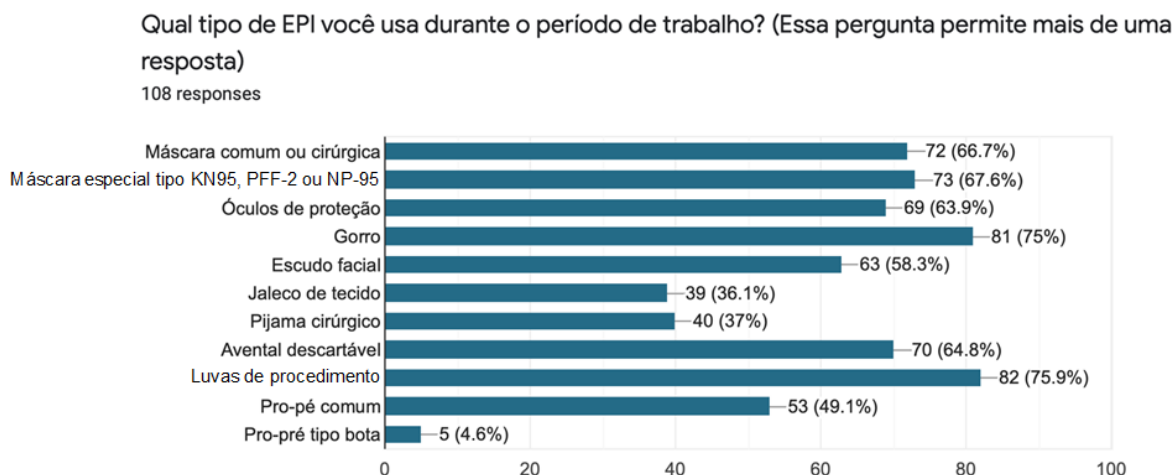
10 muito importante. A maioria esmagadora dos profissionais elencou o equipamento como importante, sendo que 65.5% atribuíram nota máxima a este.

Você acredita que o uso do protetor facial é importante para evitar o contágio? Avalie de 0 - 10, sendo 0 considerado pouco importante para evitar o contágio e 10 muito importante para evitar o contágio



**Gráfico 5: Avaliação de importância do escudo facial**

Por fim, foi indagado o tipo de EPI utilizado pelos participantes em um possível momento de contágio por COVID-19, tendo sido permitida mais de uma resposta. 27.8% dos indivíduos utilizavam máscara, enquanto 8.3% utilizavam escudo de proteção facial.



**Gráfico 6: Tipos de EPI utilizados**

A partir dos dados obtidos, a razão (Odds) de chances de contração de COVID-19, com utilização do programa StataCorp. 2017. *Stata Statistical Software: Release 15*. College Station, TX: StataCorp LLC, para uso de escudo facial, entre o grupo que utiliza escudo facial para o grupo que não o utiliza é de 8.88, com CI 95%: 3.12-27.2 e  $p=0.000$ .

### 1.3 A impressão 3D

A impressão 3D, também conhecida como prototipagem rápida, é uma forma de fabricação aditiva baseada na superposição de camadas de pequena espessura, que resulta na formação de um objeto tridimensional. A impressão 3D por estereolitografia, ou SLA, surgida nos anos 70, tem se popularizado cada vez mais por sua capacidade de produção de peças com alta definição, isotrópicas e estanques. O pesquisador japonês Dr. Hideo Kodama criou a utilização moderna de estereolitografia, a partir da utilização de luz ultravioleta para a cura de polímeros fotossensíveis. A tecnologia foi patenteada em 1986, com modelos mais acessíveis ao público sendo criados a partir da expiração da patente ao final dos anos 2000, após a criação de impressoras FDM, ou *Fused Deposition Modeling*. A tecnologia SLA, adaptada ao gabinete do usuário em 2011 pela empresa Formlabs, trouxeram a promessa de uma maior resolução de impressão em menor escala, antes acessível apenas a sistemas industriais, o que ocasionou a abertura de nichos



diferenciados de mercado, como odontologia e joalheria digitais, com a expansão de aplicações nos ramos de engenharia, projeto de produto e prototipagem. Os equipamentos do tipo SLA pertencem a uma família de manufatura aditiva conhecida como fotopolimerização VAT (*vat* é um termo em inglês que significa cuba ou tanque, referente ao reservatório de resina característico de manufaturas do tipo). O termo é utilizado em maiúsculo para se equiparar à sigla FFF, ou *Fused Filament Fabrication*, que se refere a equipamentos que utilizam processo aditivo por meio do derretimento de filamentos plásticos). As máquinas do tipo são baseadas na utilização de fontes luminosas, lasers ou projetores, para a cura de resina líquida e sua transformação em plástico endurecido, ou seja, impressoras 3D que fazem uso de materiais termofixos e reativos à luz. Determinados comprimentos de onda de luz, quando atingem a resina contida na impressora, ocasionam na junção de cadeias moleculares, com a criação de geometrias sólidas. Impressoras SLA, a partir de seu funcionamento, portanto, têm a maior resolução de impressão dentre os equipamentos similares, sendo sua maior vantagem as inúmeras inovações em relação às propriedades mecânicas, ópticas e térmicas de suas resinas, a depender da aplicação desejada. Para a utilização do produto, o usuário deve possuir um modelo em formato aceito para impressão (STL ou OBJ), podendo ser retirado diretamente da internet ou produzido em softwares CAD e exportado com as extensões de arquivo necessárias. A impressora, possuindo software próprio, auxilia a especificação de definições para impressão e executa o processo de fatiamento do objeto em camadas para impressão (princípio aditivo).

#### **1.4 O software Blender 3D**

O programa de computador Blender 3D trata-se de um aplicativo de código aberto, ou seja, que possibilita a criação ou design de um produto, por exemplo, assim como sua redistribuição universal, sem a necessidade de aquisição de licença comercial. A escolha do Blender para o desenvolvimento das etapas iniciais do projeto se deu por sua promoção do licenciamento livre, tornando-o significativamente mais acessível em comparação a outros softwares de design, tanto em questão monetária, quanto burocrática ao considerar-se a possibilidade de patenteamento do produto. O software digital elencado está, ainda, disponível a diversos sistemas operacionais, o que aumenta ainda mais sua acessibilidade.

Ainda que o Blender 3D seja completamente gratuito, possui ferramentas avançadas similares a outros programas providos de licença comercial paga, além de possuir partes licenciadas sob a *Python Software Foundation License*, fomentando o desenvolvimento de “add-ons”, ou seja, ferramentas acessórias, por parte do usuário, o que estabelece uma diminuição ainda maior das limitações do programa.

O presente projeto, ao tomar como base a utilização do software Blender 3D, leva em consideração a tomada de formas primitivas, ou seja, cilindros, cubos, planos de distintas dimensões, esferas e outros, com posteriores redimensionamento, deformação e relações entre partes para a criação de formatos complexos. Para o desenvolvimento do produto, são utilizados distintos conceitos:

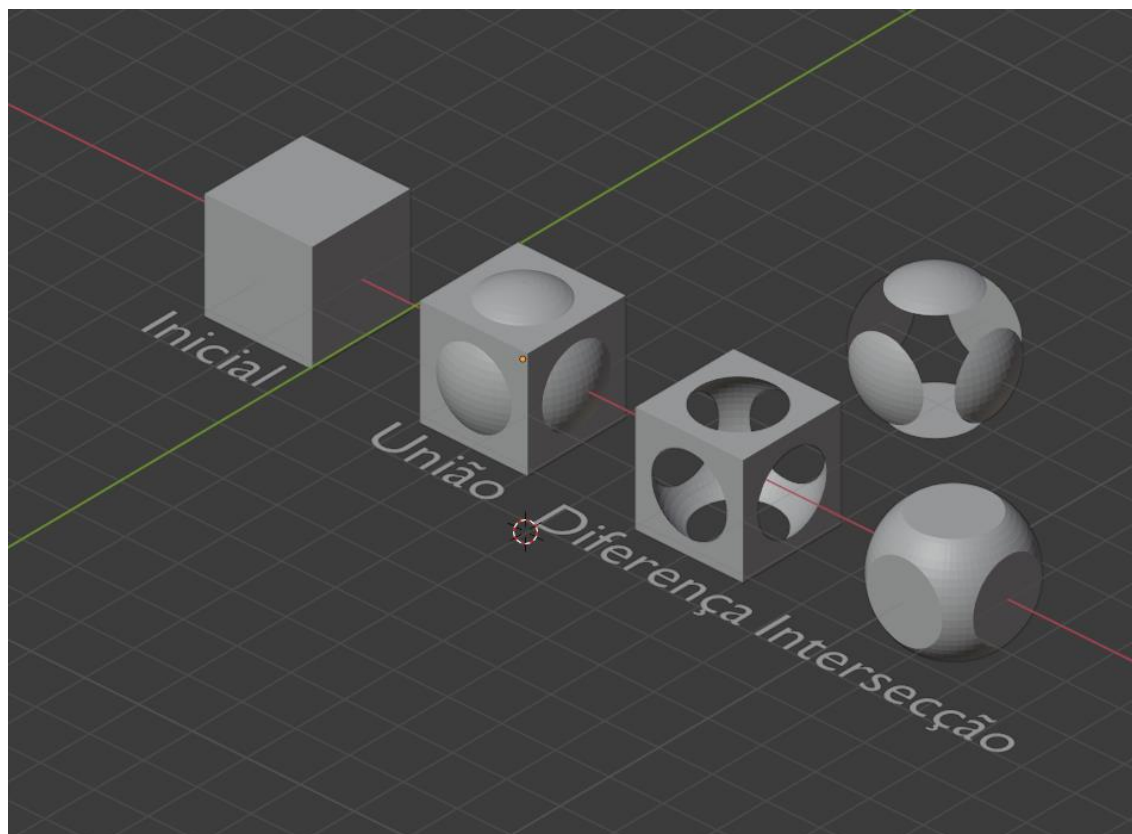
Malha – O termo malha, ou malha poligonal, delimita um conjunto de faces bidimensionais que configuram um formato tridimensional. Um cubo, por exemplo, em modelagem tridimensional, trata-se de uma malha composta por seis faces congruentes dispostas de forma regular.

Vértices, arestas e faces – Enquanto malha pode ser definida como um conjunto de faces, uma face pode ser definida por um conjunto de ao menos três arestas, que por sua vez podem ser evidenciadas como segmentos que conectam dois vértices. Em outras palavras, uma malha é um conjunto de faces, arestas e vértices, ainda que se subentenda do conceito inicial a presença dos dois últimos. O software Blender 3D permite a edição de malhas por meio da movimentação de qualquer um dos três elementos, a depender da demanda do designer, em distintos modos de modelagem.

Modos de modelagem – Distintas modalidades de edição podem ser utilizadas no software Blender 3D. O primeiro modo, mais utilizado, é o *object mode*, ou modo de objeto, que permite a realização de operações básicas como a criação de objetos, união entre partes, atribuição de materiais e redimensionamento de uma malha como um todo. O modo de edição é utilizado para a maioria das operações de edição de malha, a partir de faces, arestas ou vértices, permitindo a modificação de uma malha a partir de seus elementos constituintes. O modo de escultura, por último, permite a modelagem de uma malha por meio da utilização de pincéis tridimensionais, sendo priorizado caso o usuário do software esteja a elaborar um

objeto orgânico. O presente projeto, por lidar com formas geométricas inorgânicas, principalmente, toma como base a utilização dos modos de objeto e edição, apenas, como a possibilitar maior previsibilidade do resultado obtido.

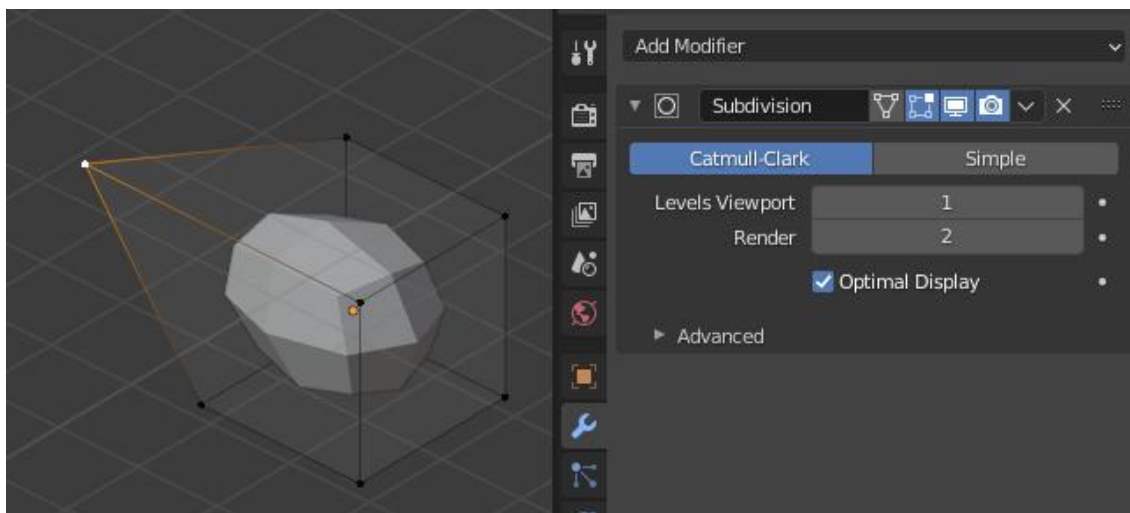
*Operações Booleanas* – Qualquer tipo de lógica, função, expressão ou teoria baseada no trabalho de George Boole é denominada *booleana*. Em matemática, a álgebra booleana é um ramo da álgebra na qual os valores das variáveis são verdadeiros ou falsos, geralmente representados por 1 e 0, respectivamente. Enquanto na álgebra elementar os valores das variáveis são números sujeitos a operações de adição ou multiplicação, as principais operações da álgebra booleana levam em consideração conceitos de conjunção (e, representado por  $\wedge$ ), disjunção (ou, representado por  $\vee$ ) e negação (não, representado por  $\neg$ ), servindo de formalismo para se descrever, matematicamente, operações de lógica. Sistemas de modelagem de sólidos como o Blender 3D oferecem métodos de combinação a partir de operações booleanas, permitindo que objetos sejam relacionados em operações de união, intersecção e diferença, de forma a criar formatos complexos de forma simplificada, ou a simular operações de fresa em materiais. Uma maneira de se exemplificar as operações booleanas é a partir da tomada de um formato simples, como um cubo, e estabelecer alguma relação com outro objeto, como uma esfera. Uma operação de união formará uma conjunção entre os objetos, uma operação de diferença formará uma subtração de um dos objetos com base no formato do outro e uma intersecção resultará em um formato fruto apenas dos pontos em que um objeto exerce interferência sobre o outro.



**Figura 2: Operações Booleanas**

*Modifiers* – Em definição estabelecida em manual oficial do programa Blender 3D, *modifiers* são postos como operações exclusivas ao software, que são empregadas de forma a afetar automaticamente a geometria de um objeto de forma não destrutiva. Em geral, são ferramentas que tornam a modificação de uma estrutura uma operação prática e simples, sem que se afete a geometria básica de um objeto. Quando um *modifier* é inserido a determinado objeto, o programa expõe uma simulação das operações delimitadas pela ferramenta sobre a geometria do objeto, sem que sejam afetadas suas possibilidades de edição em formatos mais simples. De forma a exemplificar o conceito, pode-se tomar um *modifier* para operação de subdivisão de superfície, que aumenta a quantidade de faces presentes em uma geometria, como a suavizar sua forma, no entanto, mantém a capacidade de edição e manipulação da malha com base no número de faces original, onde a geometria de um cubo é complexificada, mas é mantida sua geometria original em caso de manipulação de vértices. A ferramenta acelera significativamente a edição de um formato e o processo de design e geração de alternativas, devendo o usuário do

software apenas “aplicar” todos os *modifiers* utilizados logo antes de efetuar a exportação do modelo e inserção na impressora 3D.



**Figura 3: Subdivision modifier**

Renderização final – Trata-se do procedimento com o qual se obtém uma simulação virtual do produto. No caso do software digital Blender 3D, o processo de renderização a ser utilizado é denominado *cycles*, modalidade baseada em *ray tracing*, ou um algoritmo que efetua a simulação dos trajetos que raios de luz percorreriam na realidade, de forma a disponibilizar um resultado mais fiel ao produzido. A renderização é a última etapa pertinente à parcela digital do produto, podendo ser executada a qualquer momento, porém, sendo priorizada para uma melhor visualização do produto, antes da produção.

Com base nos conceitos explanados, é possível tomar formatos primitivos e exercer diversas alterações ou edições que tornem o produto gradativamente mais complexo, no entanto, com distintos elementos que permitam uma desintrincada adaptação futura. A etapa de renderização auxilia a compreensão das dimensões finais do objeto, além de formular uma simulação realista do produto. Ainda que as definições abordadas fomentem uma compreensão linear do processo de criação do dispositivo, qualquer uma das etapas pode ser revisitada, dadas as necessidades de alteração ou adaptação observadas durante processos finais, como a renderização.

### 1.5 A cura de resinas SLA

Em entrevista com técnico de impressão responsável pelo controle de qualidade e pós-produção de materiais impressos em resina, por impressoras SLA, foram questionados os procedimentos utilizados para a finalização dos produtos, desde sua retirada do equipamento à expedição, com comparação a pesquisas e testes empíricos desenvolvidos durante o presente projeto, assim como ao processo de pós produção utilizado durante o projeto anterior. De início, acreditava-se que apenas a imersão das peças em 2-propanol (álcool isopropílico) durante tempo em excesso seria capaz de resultar em maior fragilidade do produto, no entanto, foi descoberto que a integridade estrutural final depende de bom acompanhamento geral, possuindo cada etapa suas características que demandam grande atenção. Primeiramente, é preciso compreender o processo de cura utilizado durante o projeto desenvolvido em parceria com a FINATEC. O tempo de impressão médio foi de 2 horas e 15 minutos para a impressão de 28 peças de mesma altura. Assim que retiradas da impressora, foram submetidas a pós produção, consistindo de sua imersão completa em solução de álcool isopropílico de grau 70%, por aproximadamente 10 minutos, sendo posteriormente posicionadas sob radiação UV, por períodos que variaram entre 10 e 15 minutos. Assim que retirados do tratamento ultravioleta, seriam imersos novamente em álcool 70%, por período similar. Estes procedimentos garantiram a cura completa e limpeza do material. A limpeza em isopropanol/banho de ultrassom e exposição dos dispositivos em câmara de UV, seguem o protocolo padronizado para dispositivos destinados à área de saúde.

Em comparação, as pesquisas estabelecidas durante o presente projeto, assim como a entrevista realizada com técnico da área, identificaram que a imersão em álcool deve ser feita por no máximo 5 minutos, até que os depósitos de resina sejam praticamente eliminados, com usuários recomendando apenas 3 minutos em caso de utilização de álcool 99%. Como não há necessidade de esterilização para peças não destinadas a profissionais de saúde, o processo de cura que potencialmente garantiria a melhor estrutura foi abordado. Ao ser questionado a respeito, o profissional explicou que uma longa exposição ao álcool resulta em um objeto ressecado, o que não pode ser aceito para expedição em caso de necessitar-se de maior resistência da resina. A utilização do álcool deve limitar-se, assim, à remoção de excessos de resina líquida, que tornam a superfície “pegajosa” ao toque. Para

garantir uma limpeza completa e eficiente, é recomendada a utilização de instrumento para agitar as peças no álcool, reduzindo o tempo de imersão. Os produtos são, então, retirados do álcool e levados a iluminação ultravioleta, preferencialmente imersos em água, pois o oxigênio, em contato com a resina, age de forma a retardar o processo de cura. A exposição das peças ao UV, no entanto, não deve exceder tempo aproximado de 5 minutos, pois uma exposição excessiva possui efeito similar ao álcool, agindo de forma a tornar a estrutura demasiadamente rígida e quebradiça, com baixa resistência mecânica. Por último, as peças são submetidas a tratamentos superficiais, com utilização de alicates para remoção de suportes e conseqüente polimento. O profissional entrevistado revelou que a utilização de óleo, como última etapa, resulta em um acabamento atrativo ao consumidor, não possuindo, conquanto, qualquer aplicação prática quanto à integridade do material. Essa etapa pode não ser interessante para produtos destinados a área de saúde, sendo dispensável, a menos que utilize-se um óleo estéril e capaz de garantir a assepsia do produto. Denota-se, a partir de comparação entre processos, que o tempo de imersão em álcool depende do tipo de álcool utilizado, do tipo de resina e de impressora. Denota-se, a partir de comparação entre processos, que o tempo de imersão em álcool utilizado anteriormente excedeu, inicialmente, em média 25 minutos o recomendado, enquanto a exposição à radiação UV excedeu aproximadamente 10 minutos.

## **1.6 O Design Universal**

O design universal, termo cunhado por Ronald Mace, pode ser definido como design para todos, e para qualquer um. Pode se tratar do desenvolvimento de objetos, arquitetura, projetos civis, urbanos, serviços, de forma que se permita a utilização pelo maior número de pessoas possível, independente de fatores como idade, habilidade, status, profissão, dentre outros. O foco, a partir do conceito abordado, é minimizar ao máximo as restrições que surgem das distintas ideias de projeto. Foram elencados, em 1997, sete princípios que regem o Design Universal:

1- Uso equitativo: O design deve abranger pessoas com habilidades diversas, sendo o resultado de sua utilização o mesmo para todos.

- 2- Uso flexível: O design deve permitir a escolha no método de uso, permitindo variadas preferências e habilidades, fomentando a utilização por usuários canhotos ou destros, por exemplo.
- 3- Uso simples e intuitivo: O uso deve ser de simples compreensão, independente de experiência, conhecimento, habilidade ou linguagem do usuário. O design deve se distanciar de qualquer complexidade desnecessária, partindo seu uso da intuição do usuário.
- 4- Informação perceptível: O design deve comunicar toda a informação necessária ao usuário, independente de suas habilidades sensoriais, buscando-se a maximização da legibilidade de informação.
- 5- Tolerância ao erro: O design deve minimizar riscos em caso de ações acidentais, devendo advertir o usuário dessa possibilidade e possuindo certa resistência a ações adversas.
- 6- Menor esforço físico: O uso deve ser eficiente e confortável, com o menor dispêndio possível de fadiga, evitando repetições e facilitando seu manuseio.
- 7- Tamanho e espaço para aproximação e uso: O design deve permitir tamanho e espaço apropriados para manipulação e uso, independente da estatura do usuário.



## 2. PROBLEMA DE PROJETO E GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

### 2.1 Metodologia

Diferentemente de um plástico como o acrílico, por exemplo, a resina curada não possui alta capacidade de flexão e deformação, a depender, ainda, do processo de cura. Como o intuito da impressão 3D levada em consideração para a produção dos equipamentos é a polimerização de resina, que passa de estado líquido para sólido, é necessário procedimento de cura para que o produto possa ser utilizado.

O procedimento de cura foi efetuado por equipe de auxiliares de laboratório, com constantes testes a respeito da integridade estrutural resultante. Foram encontradas, durante esses testes, curiosidades acerca do controle de qualidade do produto, evidenciadas nos tópicos a seguir:

- a. A flexibilidade da resina está atrelada ao processo de cura;
- b. A utilização de distintos tipos de álcool demanda protocolos específicos de limpeza e de cura;
- c. O tempo de exposição aos diferentes métodos de cura influencia significativamente a integridade da resina;
- d. A imersão em álcool por tempo excessivo pode ressecar a resina, mas elimina o excesso de resina com mais eficácia. Maior flexibilidade, muitas vezes, poderia estar atrelada a cliques “grudentos”.

Ao primeiro teste do tipo de álcool e tempos de imersão, os tempos acima de 10 minutos em isopropanol 99% em banho de ultrassom geraram cliques “quebradiços”, ou seja, possivelmente a resina endureceu demasiadamente e ressecou. A consulta ao suporte técnico da empresa responsável pela impressora e resina de grau cirúrgico gerou um protocolo para a produção dos cliques do projeto de dispositivos destinados aos profissionais de saúde: Banho inicial de ultrassom em isopropanol 70% por 15 minutos, tempo máximo de cura de 15 minutos em câmara de UV e tempo máximo de 10 minutos de banho de ultrassom final em isopropanol 70%. Este protocolo padrão garantiu certa qualidade e resistência desejada ao produto e foi estabelecido em parceria com o suporte técnico certificado da empresa da impressora 3D. A entrevista com técnico de impressão, assim como as pesquisas desenvolvidas, evidenciaram que o protocolo, no entanto, pode não ser ideal e certamente não se demonstra acessível à maioria dos indivíduos, ainda que

possuam impressora SLA em sua residência. Essa observação inspirou o desenvolvimento de um protocolo em imagem gráfica como parte desta monografia, que garantisse alternativas para os que não possuem banho de ultrassom ou câmara de cura em luz UV.

O desenho final do clipe para armações oftálmicas possui distintos pontos de maior vulnerabilidade estrutural:

**Conexão de hastes:** Os elementos conectores utilizados foram desenhados separadamente, sendo acoplados por meio de operações “booleanas” de união às hastes principais do produto. Ainda que tenham sido desenvolvidos em busca de maior estabilidade e constância em relação a curvas e buscando evitar ângulos menores que 90 graus, resultariam na formação de pontos de estresse. Caso o procedimento de cura final fosse exercido de forma equivocada, os pontos em questão viriam a possuir maior probabilidade de fratura.

**Arestas:** Assim como os pontos de conexão entre hastes, as extremidades do dispositivo, ou cantos, apresentam perfil reto, com formação de ângulos de 90 graus, ainda que suavizados por meio de chanfros. A busca por uma forma simplificada, de fácil alteração e reprodução, pensando também na impressão do produto final, resultou em pontos de estresse que apresentam maior vulnerabilidade de acordo com o processo de cura e espessura da haste da armação.

A espessura do corpo das hastes, também, ainda que associada a uma demanda por maior flexibilidade, como o produto possui pequenas dimensões, pode resultar em fraturas em outros pontos.

O encaixe da folha de acetato ao clipe se dá por um “botão”. O acetato é perfurado em pontos específicos, posicionado sobre a abertura do corpo de encaixe do clipe até que o botão seja, então, inserido no furo. Caso este não possua uma dimensão específica, ideal ao botão de encaixe, o escudo facial pode não ficar fixo em uma posição por muito tempo, ou seja, mover-se facilmente ao redor do encaixe. Para tentar impedir a movimentação facilitada do escudo, o botão foi posicionado em local específico, de forma que a folha de acetato tenha seu movimento limitado.

O trabalho com a escala do produto, como a criar diferentes tamanhos, buscando melhor encaixe a armações de diferentes espessuras, foi observado como pertinente

ao produto. Durante o projeto, foi observado que armações com hastes demasiadamente espessas, ainda que sejam incomuns (por razões relacionadas a conforto, por exemplo), podem culminar na fratura do clipe oftálmico no momento de tentativa forçada de encaixe. O desenvolvimento de diferentes tamanhos padronizados, como pequeno, médio e grande, possui o potencial de abranger uma maior gama de modelos de armação de forma apropriada.

As principais ressalvas em relação ao projeto, que inspiraram o processo criativo desta monografia dizem respeito às etapas de cura e tratamento da resina após a impressão. Para a elaboração do presente projeto, o novo produto deve apresentar possibilidade de alteração de escala e padronização de novos tamanhos, podendo ser aplicado a armações oftálmicas e EPI, assim como a elaboração de manual específico para o processo de cura e tratamento da resina. Ainda que seja almejada a padronização completa do método ideal de cura, o desenho final deve ser capaz de resistir eventuais deslizamentos durante as diversas etapas do procedimento, garantindo as demandas de um produto universal.

A metodologia adotada para a realização do projeto foi compreendida por três etapas, sendo essas a elaboração do desenho adaptado dos dispositivos, a impressão e teste de resiliência estrutural a partir de distintos procedimentos de cura, auxiliada por pesquisas e entrevistas com profissionais e, assim, elaboração de material instrucional quanto ao processo de produção final.

I. Desenho dos dispositivos de acoplamento das folhas de acetato:

Os dispositivos para o escudo de proteção (clipes) são desenhados no programa 3D Blender. O desenvolvimento de novos dispositivos se deu com base em demanda por produto universal, dedicado à população como um todo, podendo ser aplicado a armações oftálmicas e de óculos de proteção, possuindo maior eficácia no encaixe e utilização do equipamento de proteção, assim como a resolução de problemáticas estruturais que resultam em pontos de estresse e, assim, possíveis fraturas. O desenho, devendo ser inovador, possui alguns requisitos, como a estruturar seu desenvolvimento.

a. Possuir integridade estrutural compatível com a resina a ser utilizada;

- b. Possuir design inovador;
- c. Permitir fácil encaixe a armações oftálmicas e protetoras;
- d. Possibilitar fácil manuseio;
- e. Estabelecer melhor encaixe a folhas de acetato;

A partir dos requisitos elencados, foram utilizados modelos em escala de óculos oftálmicos e protetores, como a simular as dimensões finais do produto, em software 3D. O desenvolvimento de alternativas com utilização do software Blender 3D permite que o processo de design não seja completamente linear, com etapas bem definidas, ou seja, por permitir uma análise preliminar do formato final durante criação e por meio de renderizações, torna-se possível visitar etapas anteriores a qualquer momento.

## II. Impressão e teste do produto

Os dispositivos serão impressos em resinas fotopolimerizáveis em impressoras SLA (Estereolitografia), mas possuirão compatibilidade com impressoras DLP e FDM, por exemplo. Para estabelecer melhor embasamento à terceira etapa do projeto, foram avaliados diversos modelos, de forma a evidenciar, de forma empírica, a distribuição de etapas de cura mais eficiente e que resulte em melhor integridade estrutural, assim como testes práticos em relação ao encaixe dos escudos faciais. A consulta a profissionais da área foi utilizada de forma a agilizar o processo, evitando o gasto excessivo de material.

O design final deve possibilitar a impressão de pelo menos 14 pares do produto em apenas uma plataforma da impressora utilizada, quantidade atingida originalmente. Assim que retirados da impressora, os pares obtidos passam por processo de cura, enquanto o equipamento era reabastecido com resina e iniciava-se outra impressão. A cura completa dos produtos envolveu, inicialmente, a imersão destes por aproximadamente 10 minutos em álcool 70%, em ultrassom, sendo posteriormente posicionados sob radiação ultravioleta por tempo similar. Assim que retirados do tratamento UV, foram novamente imersos em álcool 70%. O resultado final almejou a minimização

de depósitos de resina sobre os dispositivos. O processo de cura almejado pela presente monografia foi exercido em busca de maior acessibilidade, ou seja, procurou não ser provido de etapas que dependam de estrutura específica, abandonando a utilização de ultrassom, e equipamentos laboratoriais, por exemplo, de forma a se adequar aos princípios de design universal.

### III. Elaboração de manuais

O processo de design permeou as etapas I e II, com consecutivas impressões de teste a partir de qualquer adaptação desenvolvida no design do dispositivo. Com a execução de testes empíricos, almejando a melhor integridade estrutural do produto, foi produzido manual instrucional, plenamente definido, elencando as etapas pertinentes ao processo de cura da resina polimerizável utilizada. A partir de consulta a profissionais técnicos da área de impressão 3D para produtos relacionados a saúde, foram listadas as mais pertinentes características pertinentes ao processo de cura final, como a direcionar os procedimentos de teste para produção do material instrucional padronizado.

## 2.2 Definição e categorização de requisitos

Uma análise inicial do produto desenvolvido revela que certas problemáticas podem ter resultado da escala total do clipe, que, ao ser importado à impressora, é produzido com comprimento total de 3 centímetros, aproximadamente. A força necessária para a flexão das hastes, com a inserção dos óculos no dispositivo, é maior, quanto menor a dimensão total do produto, o que pode resultar em um uso excessivo de força para o encaixe do clipe, com possível consequente fratura em pontos críticos a depender da espessura das hastes.

As dificuldades encontradas durante o processo de definição da problemática evidenciaram que a exposição do produto a diferentes processos de cura pode resultar em uma maior rigidez do polímero, com maior fragilidade devido à falta de flexibilidade. Ainda que se busque estudar o processo de cura, é necessário abordar certos pontos estruturais do formato resultante. Dada a avaliação completa dos

elementos relativos ao produto em relação a sua estrutura, foram elencados requisitos, de forma a orientar o desenvolvimento de alternativas ao design inicial já produzido, pertinentes ao presente projeto.

Compete ao produto:

- Possuir integridade estrutural compatível com a resina a ser utilizada;
- Delimitar-se enquanto adição de invenção ao projeto inicial;
- Apresentar funcionalidade similar ao projeto inicial;
- Permitir fácil encaixe a armações oftálmicas e protetoras;
- Possibilitar fácil manuseio e montagem;
- Estabelecer melhor encaixe a folhas de acetato;
- Permitir que o escudo facial cubra o rosto por completo, contornando-o;

São apontados requisitos, ainda quanto ao design universal e seus sete princípios:

- Uso Equitativo;
- Uso flexível;
- Uso simples e intuitivo;
- Informação perceptível;
- Tolerância ao erro;
- Menor esforço físico;
- Tamanho e espaço para aproximação e uso;

## 2.3 Geração de Alternativas

O design do produto, como explicitado, será feito a partir da complexificação de formatos simples. O software Blender 3D fornece algumas alternativas para dar início ao desenvolvimento do produtos, a depender do formato final almejado. Em uma análise das alternativas presentes, descarta-se de início os formatos cone, plano, círculo e esferas, por distanciarem-se demasiadamente do objetivo, seja por questões relacionadas às disposições físicas, ou pela quantidade inicial de vértices. Dentre as opções remanescentes, o cubo é elencado como elemento ideal, pois possui uma baixa quantidade de vértices, é simples, facilita a inserção de *modifiers* e pode ser complexificado sem perda significativa de informações. A utilização do formato “tórus”, ou anelar, de início, é pertinente ao projeto caso seja dada preferência a formatos circulares, podendo o designer definir de início a quantidade de vértices que deseja. A figura 12 apresenta um quadro com predefinições para a inserção do objeto, com *major segments* representando a quantidade de segmentos que desempenham papel de construção do formato anelar e *minor segments* representando a quantidade de faces de cada um dos segmentos maiores.

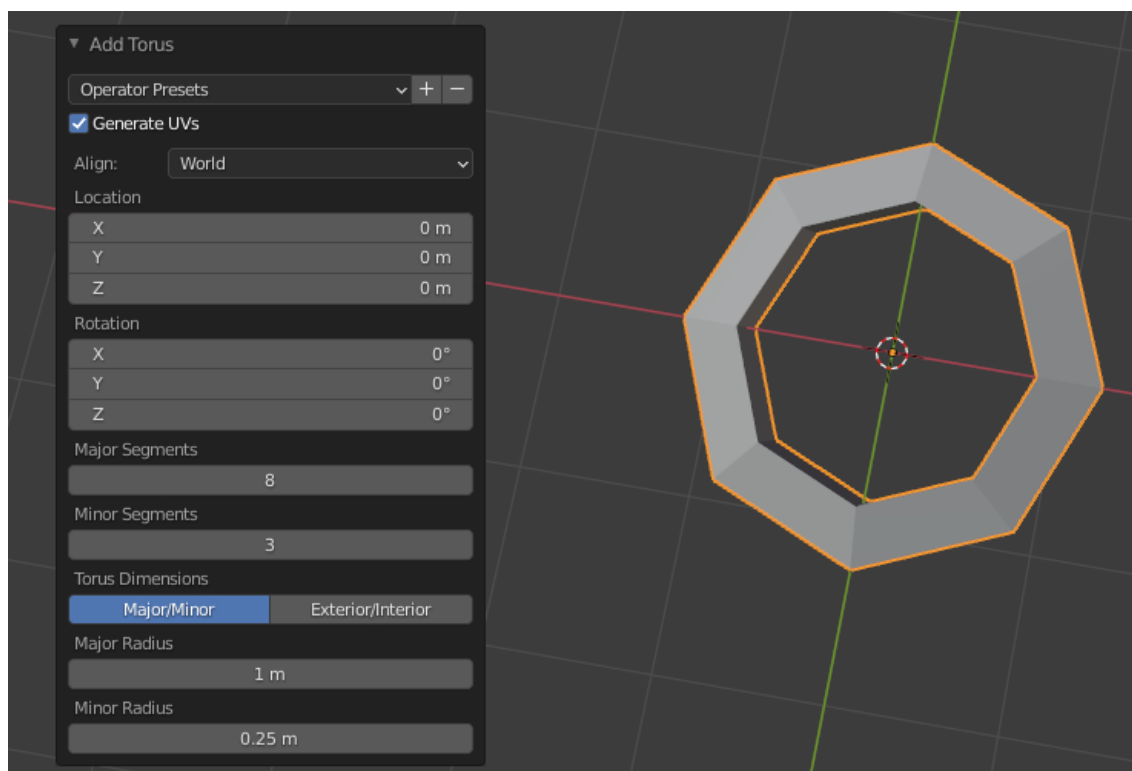
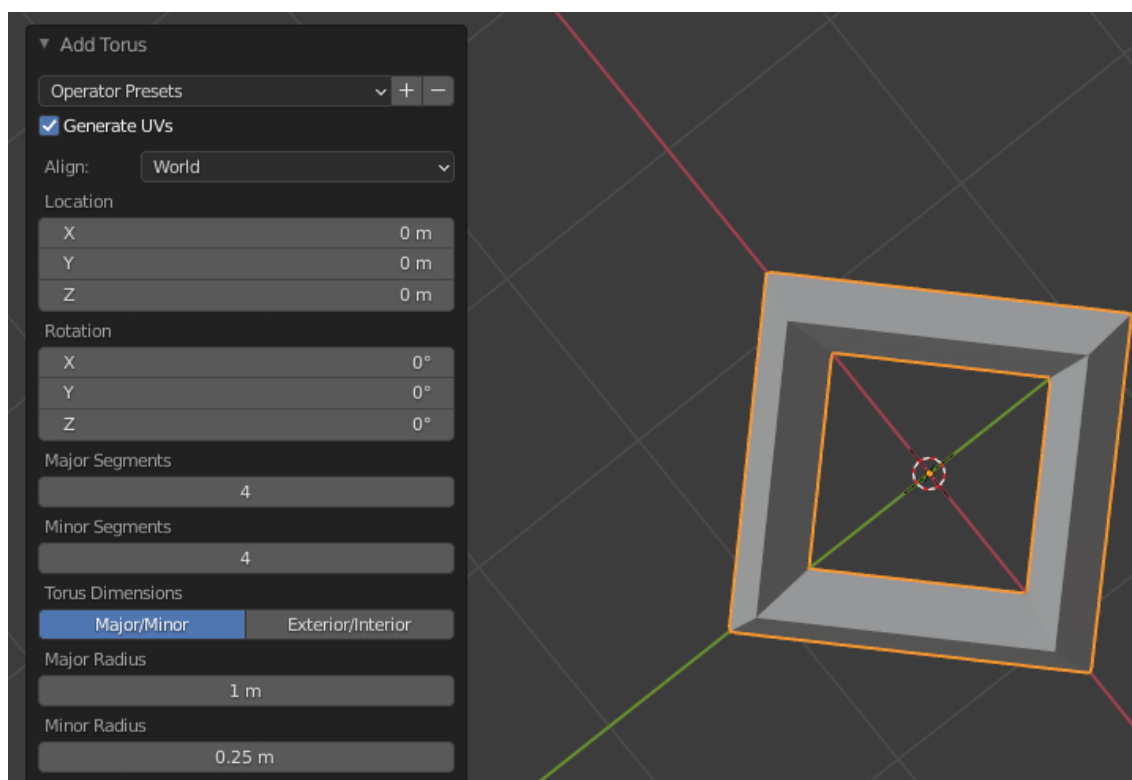


Figura 4: Exemplo de tórus com baixo número de segmentos

A adição de um “tórus” com quatro *major segments* e quatro *minor segments* resulta em um formato retangular, com quatro segmentos compostos por quatro faces cada. O formato simplificado, ao ser associado a um *modifier* de subdivisão de superfície, ao invés de se inserir um “tórus” já complexo, resulta na facilitada edição do objeto.



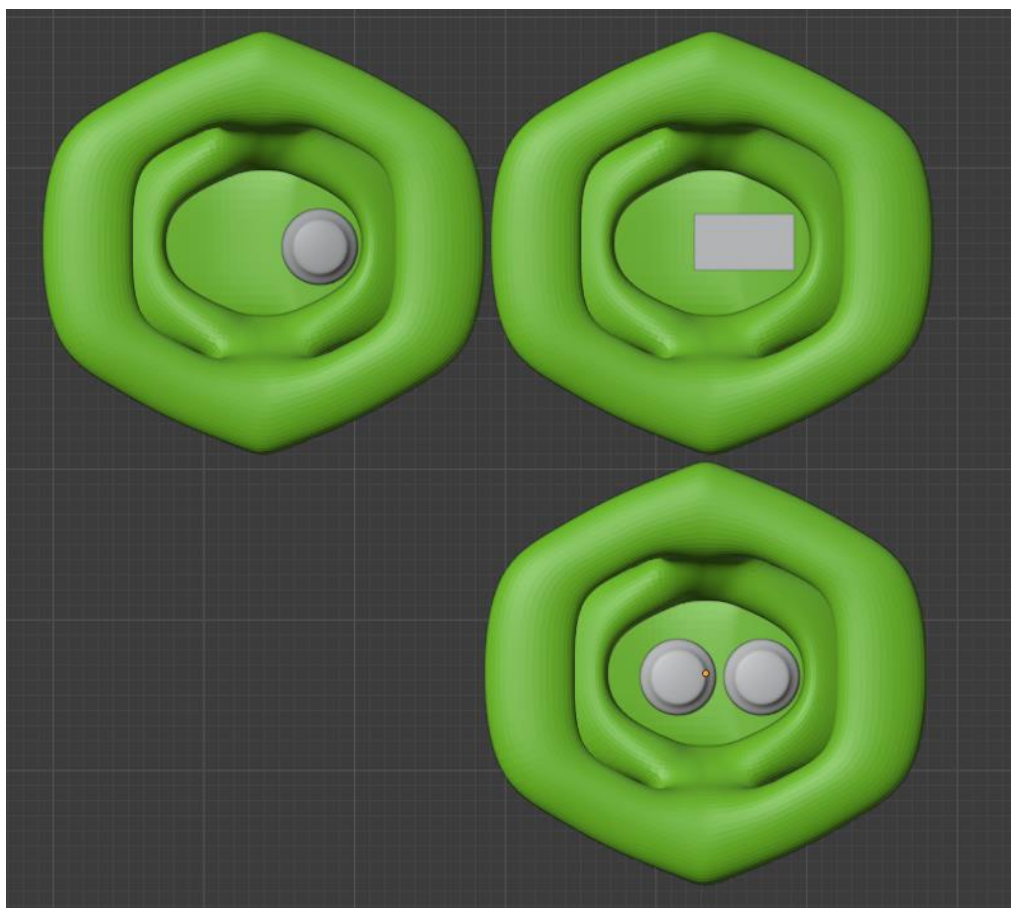
**Figura 5: Exemplo de tórus ainda mais simplificado**

O processo de geração de alternativas tomou como base o modelo dedicado a armações oftálmicas do projeto desenvolvido ao HUB, para melhor previsibilidade das dimensões finais. Os modelos desenvolvidos foram inicialmente traçados a lápis, com posterior eleição de formatos mais atrativos e consequente validação em software 3D, levando em consideração os requisitos delimitados. O formato final a ser desenvolvido deve suprir os requisitos iniciais, no entanto, o produto pode ser compreendido em duas partes, ou pela avaliação das duas funções que desempenha, sendo uma delas o encaixe do dispositivo aos óculos e, a outra, o encaixe da folha de acetato ao dispositivo. Qualquer que seja a estrutura final, a elaboração do produto deve levar em consideração ambas as funções, de forma que não se altere elemento algum em detrimento de outro.



### 2.3.1 O encaixe do escudo plástico

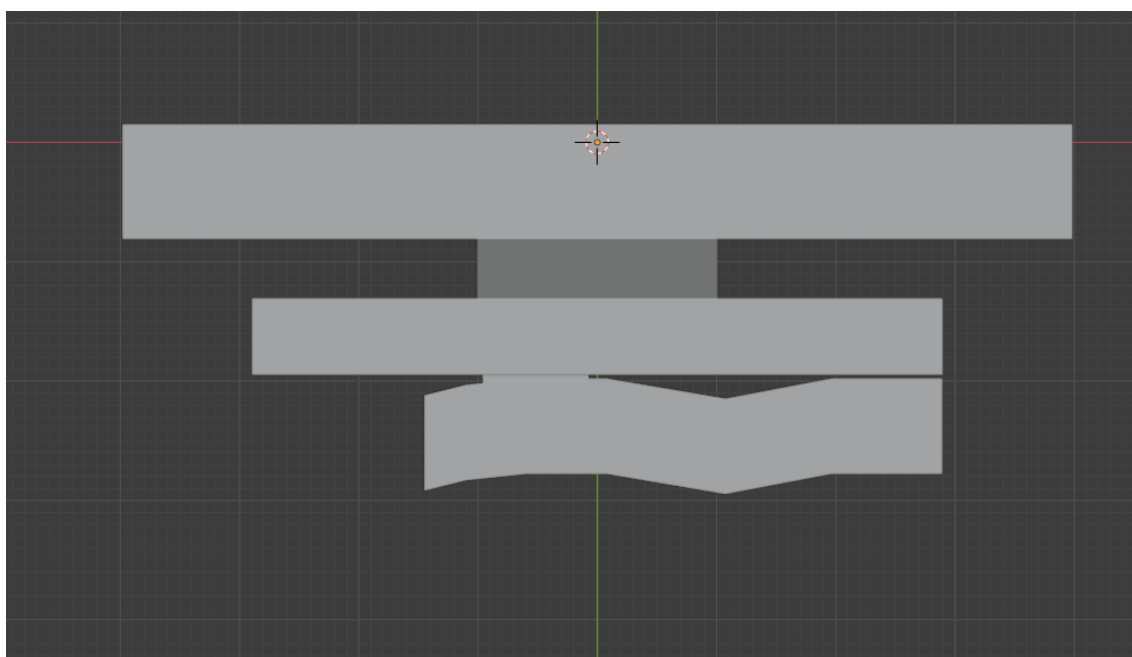
O princípio de funcionamento básico do clipe desenvolvido para o HUB revela que, não importando o formato das hastes dos óculos do usuário, o posicionamento do dispositivo em relação à sua cabeça previne rotação em torno do corpo do eixo das hastes, caso possuam perfil cilíndrico, no entanto, a utilização de apenas um botão de fixação pode resultar na rotação da lâmina plástica em relação ao corpo de encaixe. De forma a limitar esta movimentação, prejudicial ao funcionamento requisitado, o encaixe pode ser feito com a adição de um segundo botão ou, ainda, de um corpo não circular, como evidenciado na figura 5.



**Figura 6: Possíveis modalidades de encaixe do escudo facial ao clipe**

A observação do requisito “e”, que elenca a necessidade de tornar o manuseio e a montagem do produto acessíveis, delimita maior vantagem à utilização de dois botões de encaixe, pois a preparação da lâmina plástica que servirá de escudo facial poderá ser facilmente efetuada com a utilização de qualquer equipamento de

perfuração acessível, possibilitando facilitada troca por parte do usuário. No entanto, a adição de um outro botão termina por gerar outro empecilho ao usuário, tendo em vista que será necessária grande precisão para a perfuração da lâmina plástica em dois pontos com mesma distância que os botões de encaixe do clipe. A solução almejada, portanto, pode ser abordada pela a manutenção de apenas um botão de encaixe, buscando-se melhor fixação do escudo por outro ponto ou, ainda, pelo abandono por completo da necessidade de perfuração do acetato para o encaixe. Foram elaboradas, para a eleição do melhor modelo de encaixe, alternativas utilizando-se o software Blender 3D, sem necessidade de refinamento, com enfoque no elemento de encaixe do escudo facial. O primeiro esboço desenvolvido apresenta elemento de encaixe similar a clipe de papel, que conta com a utilização de pressão exercida por haste em oposição ao restante de seu corpo. A lâmina, posicionada entre os componentes, seria fixada por meio de uma maior força exercida pela haste de fixação do clipe, reduzindo-se o espaço que foi estabelecido para o modelo inicial, que faz uso do botão de encaixe.

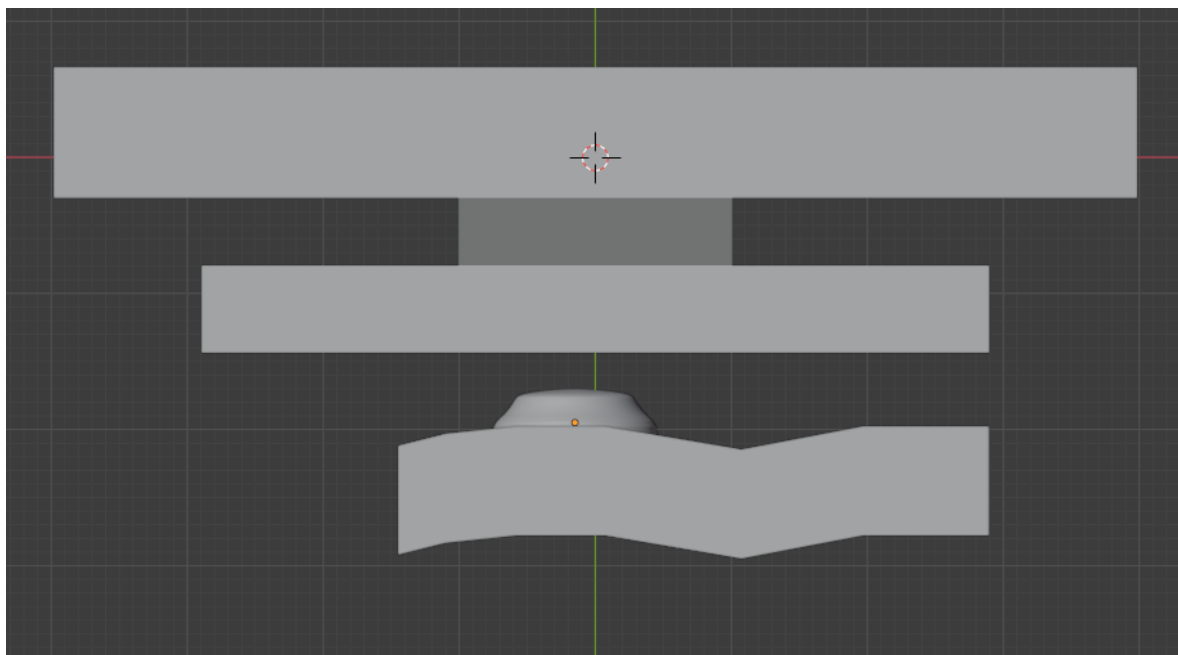


**Figura 7: Haste de encaixe por pressão**

A alternativa é inicialmente capaz de suprir praticamente todos os requisitos, restando o teste de fixação da folha de acetato para cumprimento do ponto “f”. O

abandono do botão de fixação permite que o encaixe da folha independa de sua perfuração que, caso exercida de forma errônea, pode resultar na má utilização do equipamento resultante. O abandono do botão de fixação pode, conquanto, caso a estrutura seja incapaz de providenciar a força necessária, resultar na queda do escudo plástico, estando sua fixação dependente apenas do atrito gerado pelo conjunto de forças.

Com o abandono da utilização de múltiplos botões de fixação ou de distintos formatos para sua estrutura, foi resgatada a forma de fixação do modelo inicial, que leva em consideração a utilização de apenas um botão em cada clipe. A principal desvantagem da utilização do botão de encaixe foi a consequente rotação do escudo em relação ao eixo transversal. O posicionamento correto do furo da folha de acetato é capaz de resolver o empecilho, no entanto, de forma a facilitar a inserção de um novo escudo por parte do usuário, o clipe deve ser capaz de proporcionar bom funcionamento independente da localização do orifício. A combinação das modalidades de encaixe, ou seja, a utilização do botão e do sistema de pressão, é possível caso se trate de uma simples adaptação da extensão do clipe designada à fixação do plástico, com adição de botão em sua face interior.



**Figura 8: Associação de formas de encaixe**

Foi evidenciado, mediante teste de encaixe com o clipe original, que a perfuração da folha de acetato em local demasiadamente próximo da borda pode ocasionar em maior instabilidade, pois o encaixe com o botão resulta em uma brecha entre a borda da folha e a parede da extensão do clipe, o que possibilita maior amplitude de movimentação do escudo, em torno do eixo transversal da cabeça. Ainda que se preze pela facilidade de montagem e utilização, é interessante ao projeto estabelecer manual de uso e montagem que inclua o posicionamento ideal do furo na lâmina plástica. Almeja-se que o produto possa ser impresso pelo próprio usuário, mas que sua eventual distribuição seja efetuada em forma de conjunto, que inclua par de cliques e lâmina plástica já perfurada.

### **2.3.2 O corpo do clipe**

Com o sistema de encaixe do escudo elaborado, é necessário atuar em relação ao corpo do clipe em si, com enfoque na resolução dos problemas estruturais observados durante o processo de avaliação final do produto desenvolvido. De início, é necessário considerar o escopo de atuação do produto, ou seja, os modelos de armação que é capaz de abranger. De fato, óculos oftálmicos demasiadamente

finos, com hastes que não sejam robustas o bastante para suportar maiores cargas, não serão capazes de oferecer suporte à aplicação dos cliques, no entanto, é necessário evidenciar que usuários com modelos do tipo costumam sentir menor desconforto com a utilização de óculos de proteção individual em conjunto com os oftálmicos, posicionando os cliques nas hastes do EPI. O material tem o intuito de oferecer uma aplicação prática para escudo facial, com o deslocamento do método de encaixe da testa aos óculos do usuário, fornecendo maior conforto e praticidade no uso, sendo que profissionais recomendam a utilização de ambos óculos de proteção e escudo facial a cirurgiões e outros atuantes na área de saúde, reduzindo significativamente a possibilidade de transmissão por meio de partículas. Com base nestas considerações, foi necessário desenvolver uma estrutura capaz de:

- a. Reduzir a possibilidade de fratura observada no modelo original;
- b. Atender demandas da OMS;
- c. Aumentar a estabilidade do equipamento;
- d. Ser reproduzida em diferentes escalas;

De início, foram consideradas silhuetas básicas para a elaboração das alternativas ao design final, com base nas formas geométricas mais simples, como retangular (formato original), triangular e oval/circular, tanto para o arco maior, quanto para o menor. Os formatos considerados foram traçados em rascunhos e posteriormente reproduzidos com o Blender 3D, para avaliação e consideração de preenchimento de requisitos do projeto.

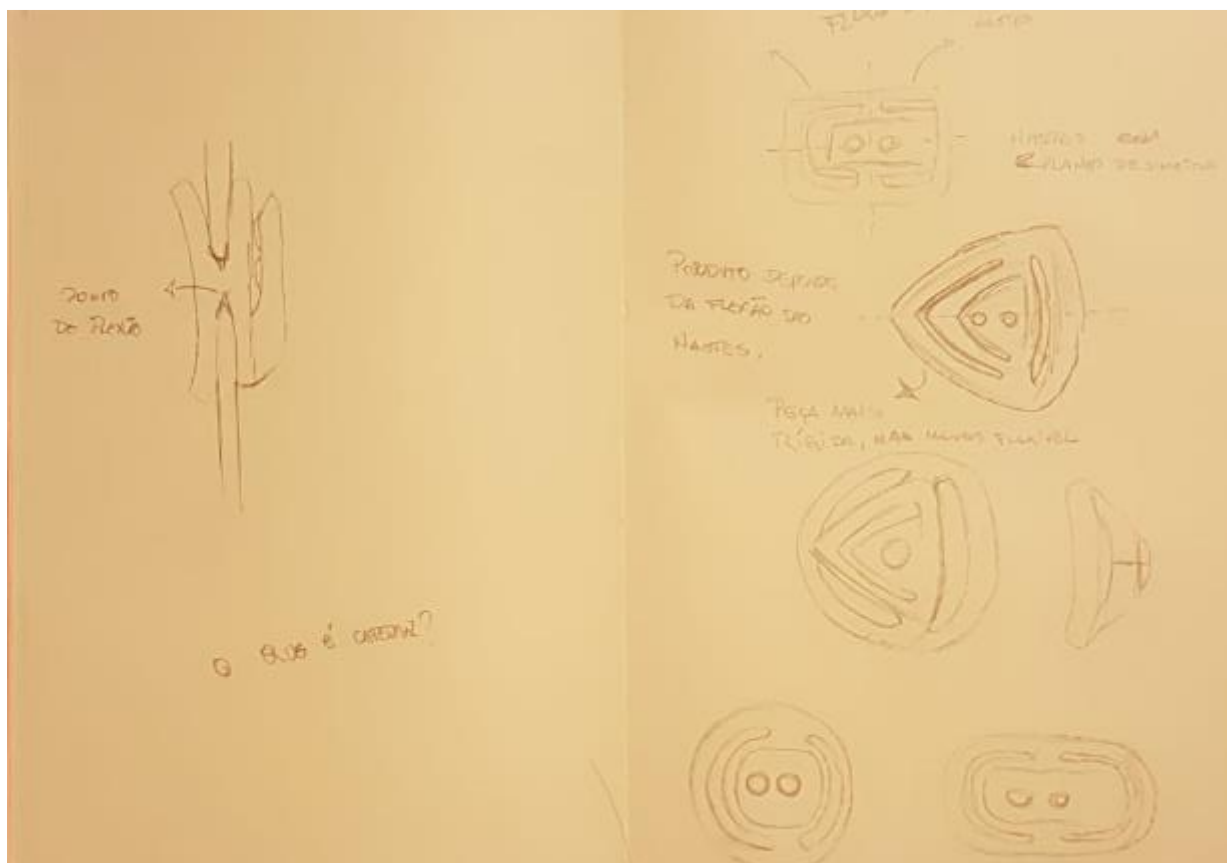
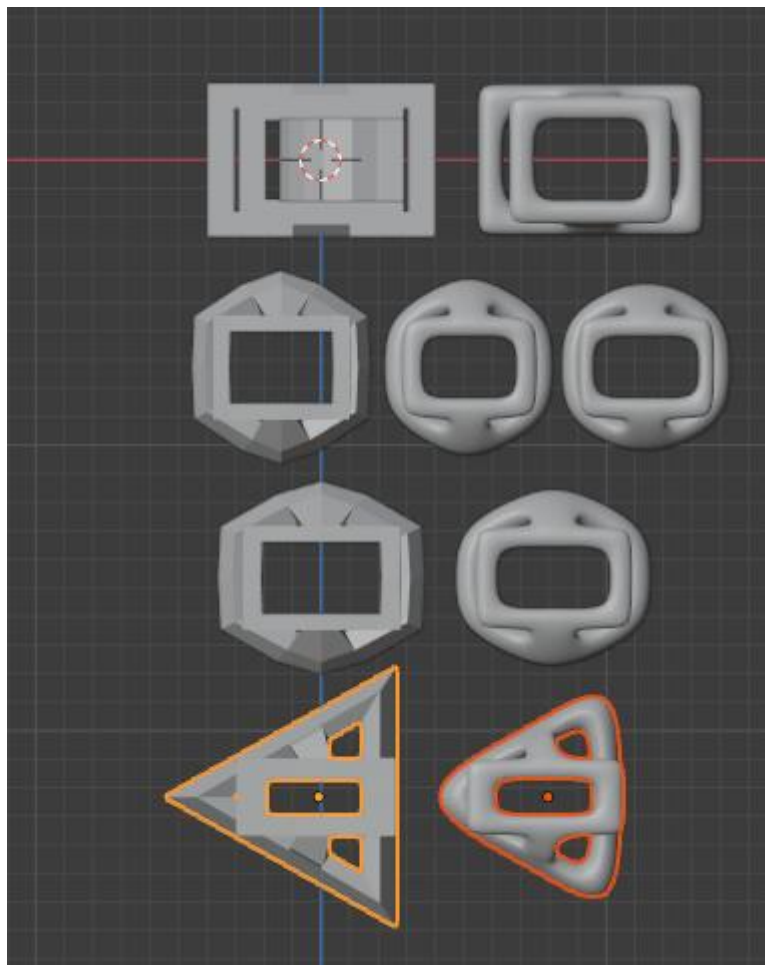


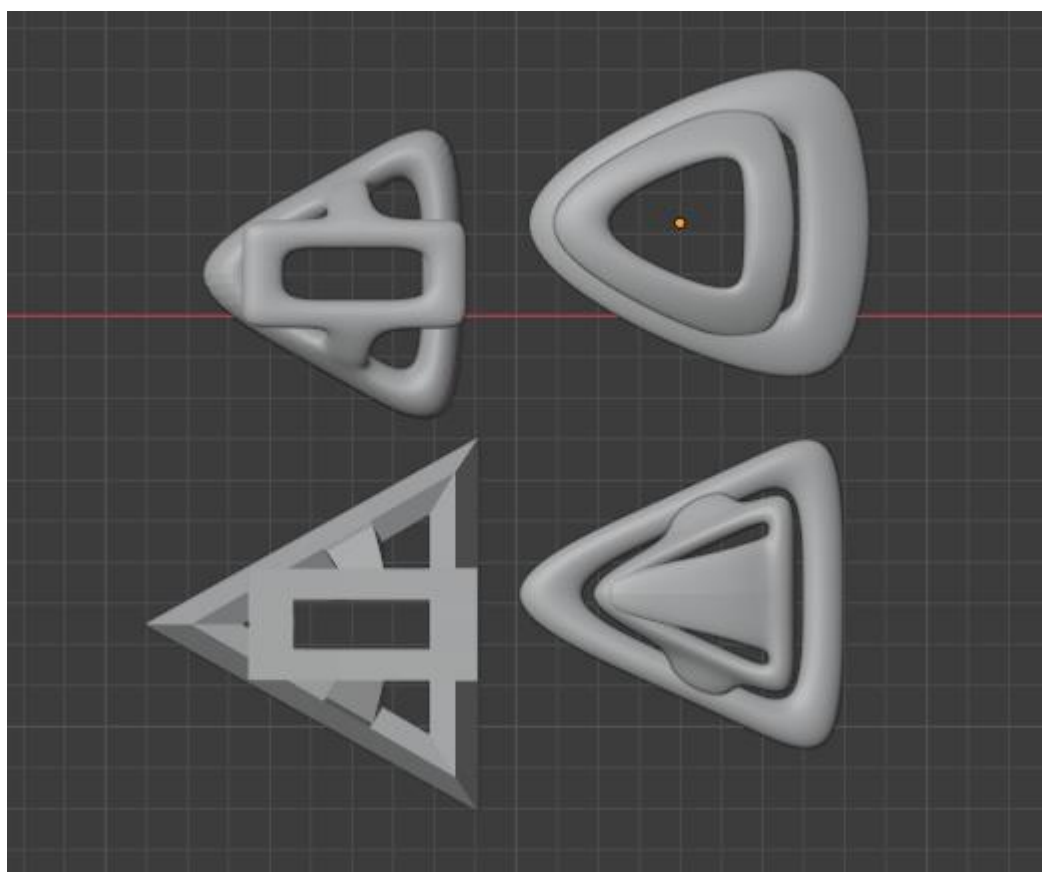
Figura 9: Abordagem dos formatos por meio de rascunhos



**Figura 10: Distintos formatos abordados em software 3D**

A primeira alternativa elege o formato inicial, retangular, com possibilidade de alteração de características que permitam melhor resistência estrutural da peça. A principal vantagem da forma, além de mais simples, é o fato de apresentar grande previsibilidade quanto ao resultado. O aproveitamento de dimensões já verificadas após impressão e, essencialmente, a necessidade de modificação de apenas determinados pontos fundamenta a opção como válida e pertinente ao projeto e seus requisitos. A capacidade de flexão das hastes, conhecida, fundamenta um bom encaixe às armações, ainda que não seja ideal. Possui boa resistência e a amplitude de suas bordas permite que seja facilmente instalado. No modelo original foi observada, no entanto, maior chance de fratura nas extremidades ou cantos, o que pode ser corrigido com acréscimo de material ou alteração da estrutura como um todo, como considerado nas alternativas subsequentes.

A utilização de um formato triangular para o arco maior foi descartada de início, ainda que tenha sido replicada de distintas formas em software 3D. Ainda que o formato seja o mais estável e resistente, com ângulos agudos, a conexão entre arcos é efetuada em ângulo, o que resulta em alta probabilidade de fratura. O arco menor foi acrescentado em formato retangular ou similar ao maior, o que estruturou melhor conexão em termos de estabilidade, no entanto, a capacidade de flexão das hastes não é similar para a face frontal e a traseira, com a primeira culminando em ponta, o que pode dificultar a instalação do equipamento caso seja demasiadamente aguda. A principal vantagem do formato, apesar de seus pontos fracos, é facilitar a utilização e compreensão do produto, ao apresentar a direção de instalação a partir do próprio formato, com o triângulo a atuar como seta. Ainda que o uso de ângulos agudos possa ser uma desvantagem quanto à capacidade de flexão, podem ser adotados de forma branda no produto.

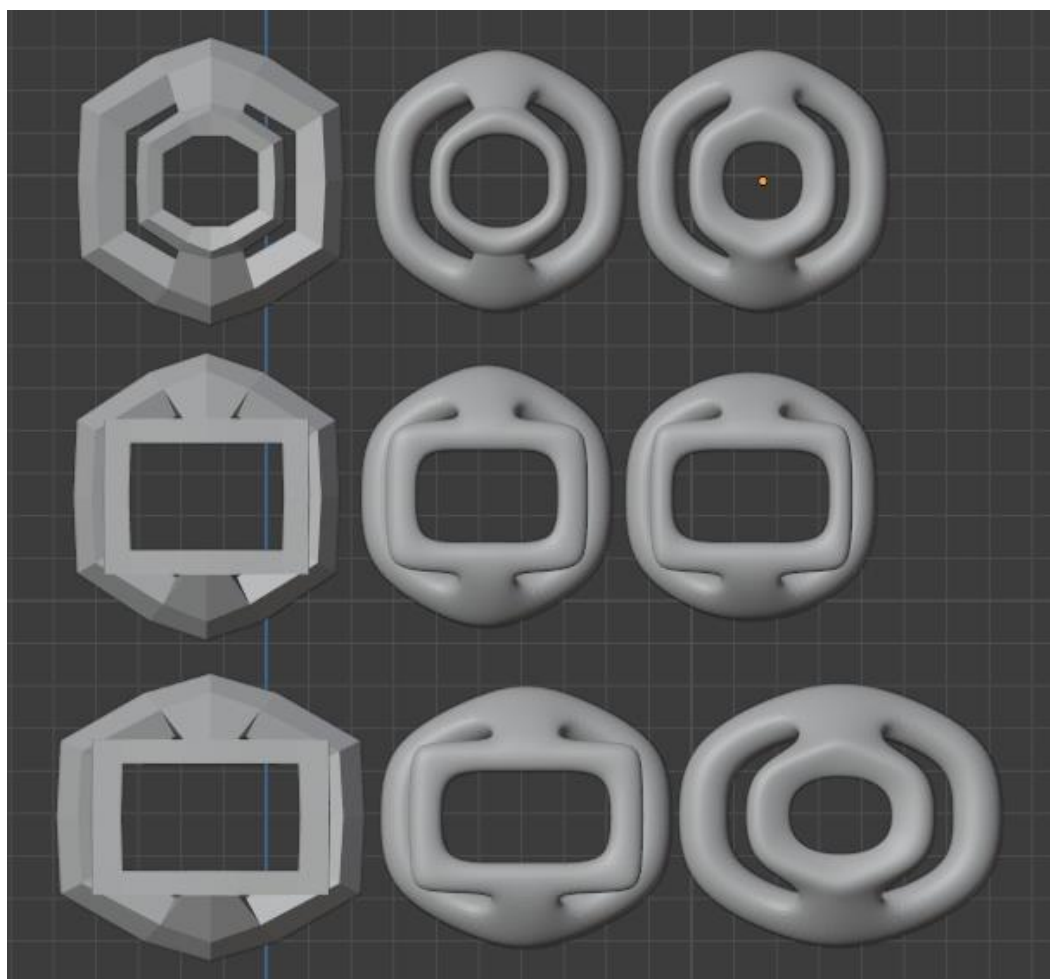


**Figura 11: Alternativas com formato triangular**

Com a criação de alternativas similares ao produto original, foi ponderada a amenização de extremidades e reforço a elementos com maior fragilidade, com a



possibilidade de elaboração de modelo com formato circular ou elíptico. Em termos estruturais, círculos apresentam maior integridade em relação ao formato retangular original, ainda que este possua extremidades suavizadas. As vantagens observadas são similares, com a possibilidade de alteração de escala sem que fatores como resistência ou flexibilidade sejam demasiadamente afetados. Um formato circular oferece grande gama de possibilidades quanto ao trabalho com o modelo, reduzindo significativamente qualquer possibilidade de fratura após impressão, ao menos em relação às extremidades do modelo original. O arco menor pode possuir formato retangular como no original ou acompanhar facilmente o formato do arco maior, sem que sejam encontradas desvantagens características ao modelo triangular, resultando em um produto mais complexo e com uma maior quantidade de curvas compostas, atribuindo formato diferenciado.

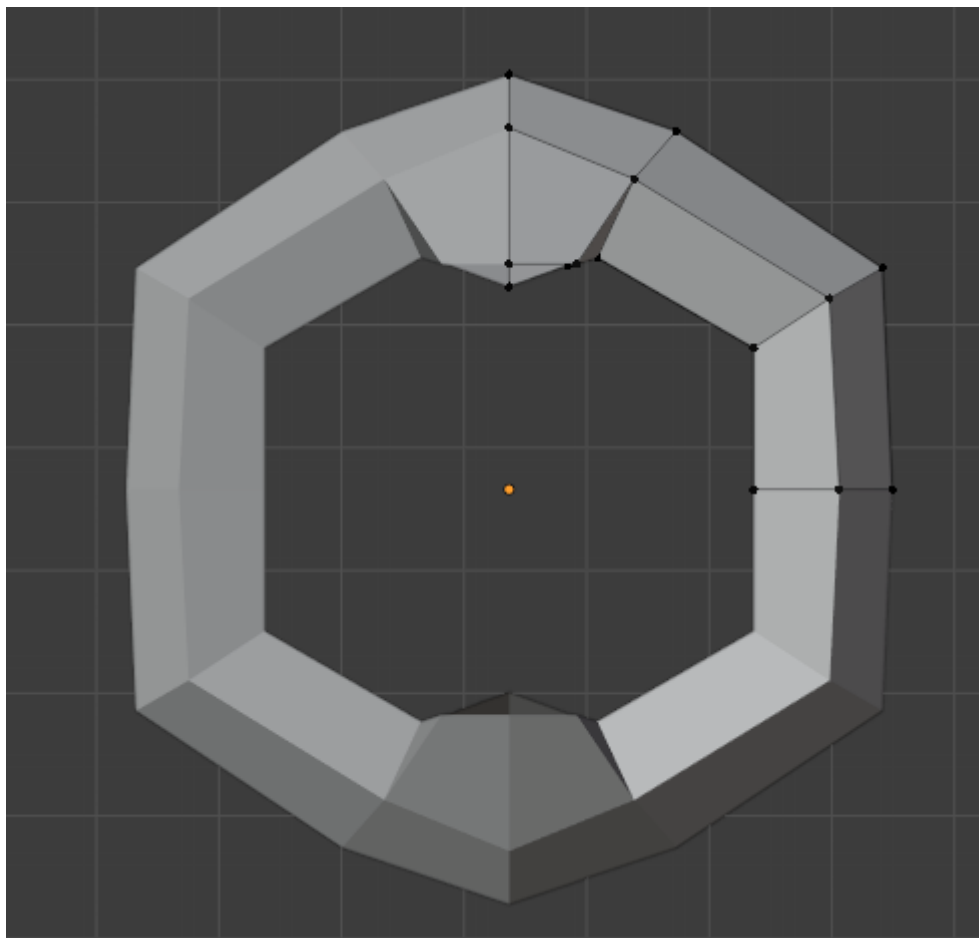


**Figura 12: Alternativas com formato circular**

Para a elaboração do produto, serão considerados todos os fatores pertinentes aos requisitos do projeto. O encaixe do escudo plástico no dispositivo foi discutido

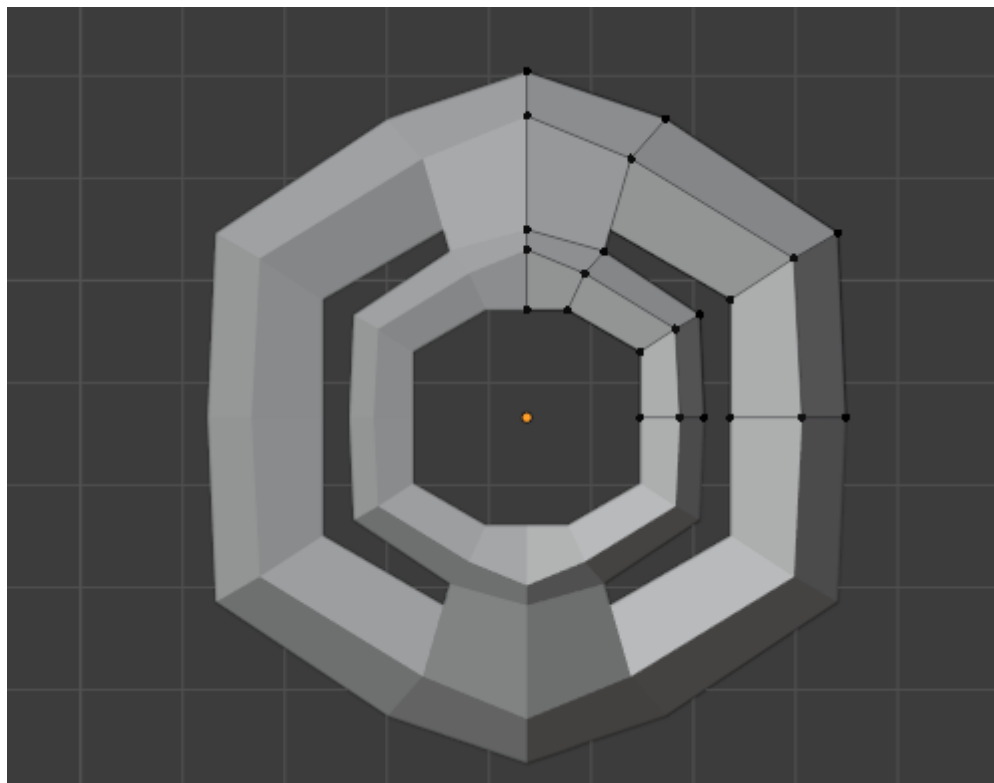
quanto a fatores relativos à busca de maior estabilidade, de forma que movimentos indesejados sejam limitados. Para tanto, considerou-se a inserção de mecanismo de encaixe que desprezasse a utilização de orifícios circulares, conquanto, foi observado que uma maior previsibilidade do resultado pode ser alcançada com o aproveitamento do design de clipe oftálmico, desde que sejam exercidas alterações, como a redução da lacuna para inserção da lâmina plástica. O formato que melhor cumpriu com os requisitos estipulados segue perfil circular, devendo o designer apresentar maior compenetração quanto aos pontos de junção dos arcos maior e menor. Foi observado que o perfil triangular possui boa vantagem quanto à indicação de direção do clipe em relação às hastes, resultando em uma instalação mais intuitiva. Para uma melhor fixação dos cliques às armações, ainda, o formato final pode possuir leves alterações em suas extremidades, como observado no design original. A partir das considerações apresentadas, iniciou-se o processo de desenvolvimento da alternativa final, com devida adequação aos requisitos e preparação dos modelos a serem impressos.

O processo de design inicia com a criação de um tórus hexagonal, com seis segmentos de cinco faces cada, formulando um modelo circular primitivo. O corpo foi recortado em quadrantes, para a adição do comando *mirror modifier*, que replica as ações exercidas sobre a malha em relação aos eixos escolhidos. Como o objeto é simétrico nos eixos Z e X, foi possível utilizar apenas  $\frac{1}{4}$  do formato total escolhido, com a ajuda do comando.



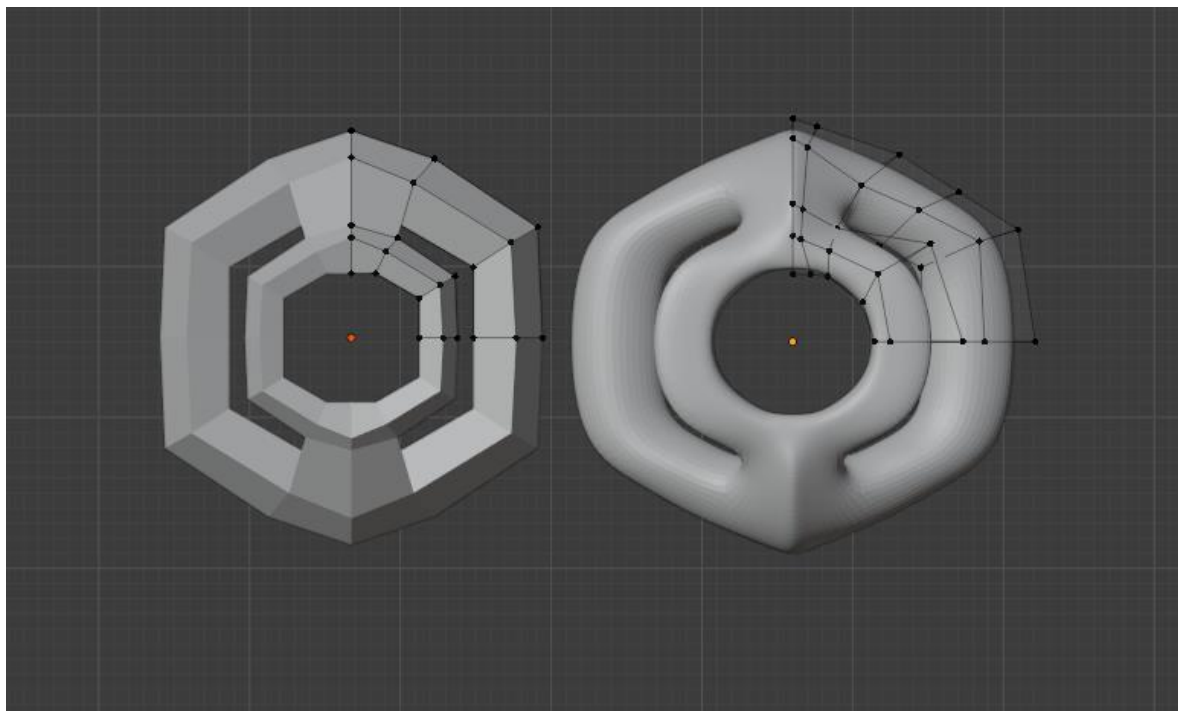
**Figura 13: *Mirror modifier***

Como observado, apenas o quadrante superior à direita possui vértices visíveis, já que o *mirror modifier* fornece uma simulação da malha a partir de um espelhamento do local nos eixos X e Z. Com o formato simplificado gerado, estabelece-se uma base para alterações visuais complexas de forma simplificada. O formato é replicado em menor escala para formação do arco menor e, a partir da extrusão de determinadas faces, forma-se a conexão entre os arcos. Ambos são unidos a partir do comando *join objects*, para que o software os reconheça como objeto único e que a união de vértices seja possibilitada. O comando *merge vértices* permite que dois vértices sejam unificados, resultando em formato mais complexo, mas desenvolvido de forma simples, a partir da junção de dois elementos primitivos.

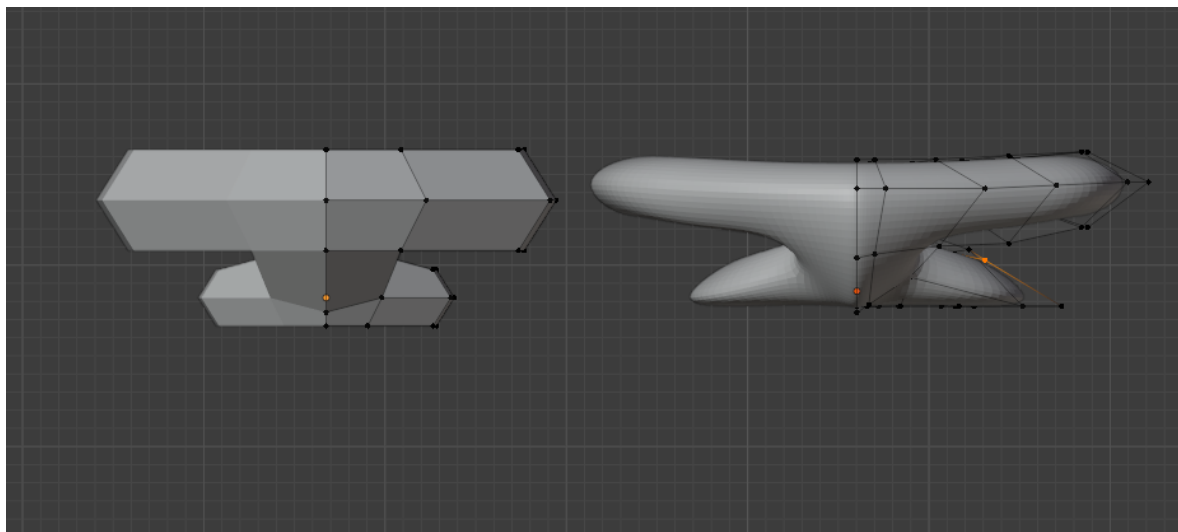


**Figura 14: Aperfeiçoamento do formato**

Com a confecção de um formato satisfatório, é aplicado o comando *subdivision surface*, que simula uma multiplicação do número de vértices e suaviza extremidades, a partir de cálculo de distância média entre arestas, mantendo a quantidade de vértices original para o modo de edição. O formato é, então, ajustado conforme requisitos do projeto, de forma que siga da melhor forma as considerações expressas após geração inicial de alternativas. Conexões entre arcos são reforçadas, extremidades ajustadas, espessuras aprimoradas e lacunas adequadas às dimensões do produto original, com devidos aprimoramentos alicerçados em estudo.



**Figura 15: Vista frontal do clipe**



**Figura 16: Vista superior do clipe**

A partir da estrutura inicial desenvolvida, são feitas modificações, visando uma mais adequada funcionalidade do produto quanto à inserção de armações nos orifícios, por exemplo. Um estudo prévio do desenho técnico do clipe pode ser feito a partir das vistas ortográficas disponibilizadas pelo software 3D. Um estudo de formatos e

elementos é exercido, levando em consideração vistas superior, frontal, lateral e em perspectiva, fundamentando melhores análises e modificações adicionais. O formato final adota características presentes no modelo original, com ressalvas instituídas a partir dos requisitos do projeto. A adição do mecanismo de fixação do escudo plástico requer que a ferramenta *mirror modifier* seja momentaneamente retirada, pois o objeto deixa de possuir simetria em dois eixos, passando a ser simétrico apenas no eixo X. O *modifier* será reaplicado após junção dos elementos. A estrutura é desenvolvida da mesma forma que o corpo do clipe, com a complexificação de formatos simples e primitivos, com consequente adequação aos parâmetros desejados. O produto possui formato curvo, em busca de maior integridade estrutural, ou seja, buscou-se reduzir ao máximo a presença de ângulos retos e cantos que possam vir a exacerbar certa fragilidade. A estrutura de conexão ao escudo facial adotou a forma geométrica triangular previamente estudada durante geração de alternativas, de forma a facilitar o entendimento do funcionamento geral do dispositivo, assim como a possibilitar melhor desenvolvimento do manual de utilização e instalação. O corpo anexo em questão, ainda, foi elaborado de forma a combinar as alternativas de encaixe do plástico analisadas, apresentando formato recurvo em seu interior, com a presença de um botão em sua extremidade. O botão, quando posicionado em oposição ao restante do produto, possibilita o posicionamento do escudo facial com maior facilidade, pois um orifício em suas laterais exerce papel de limitação do encaixe geral, agindo como aplique.

### **2.3.3 Impressão e cura da resina**

A impressão dos cliques tem seu funcionamento baseado na sobreposição de camadas, a partir de uma segmentação do produto a ser impresso, em um arquivo denominado *slice*. A seleção da quantidade de camadas pode ser exercida a partir definição final requisitada, com um maior número total resultando em uma superfície mais suave e definida. Modelos com um grande número de detalhes, como personagens ou escaneamentos bucais, por exemplo, podem necessitar uma espessura de camadas mais fina, como 25 $\mu$ m, aumentando significativamente o número total de camadas. Como o objetivo do projeto é a impressão de equipamento funcional, sem necessidade de evidenciar detalhes em pequena escala, a espessura adotada foi de 50 $\mu$ m. O modelo é composto, no entanto, por múltiplos elementos, o que define necessidade de utilização de suportes plásticos,

adicionando uma etapa ao processo de pós-produção. Em entrevista com técnicos da área de impressão 3D no ramo de saúde, foram obtidas informações a respeito do processo de cura de resinas polimerizáveis. As peças, ao serem removidas da impressora, apresentam superfície viscosa, fruto do depósito de resina não polimerizada. O projeto previamente desenvolvido adotou o álcool de grau 70%, geralmente utilizado como desinfetante, para reação com depósito de resina ainda líquida apresentada pelos produtos impressos. Em análise inicial, observou-se que, quanto maior o tempo de imersão dos cliques, melhor e mais completa é a remoção da camada líquida, no entanto, mais fragilizada é a estrutura, com maior potencial de fratura. Para a produção de um manual de pós-produção em caso de utilização de resina líquida SLA, foi necessário avaliar o tempo ideal para a imersão dos objetos, assim como a solução mais efetiva para a cura completa da resina, de forma que se padronizasse as etapas e se estabelecesse uma produção mais eficiente.

É possível alcançar cura total do produto com a utilização de álcool isopropílico de grau 99%, conhecido como álcool absoluto. A observação empírica da capacidade do álcool em ressecar demasiadamente a resina a partir de longos períodos de imersão denota que a utilização de uma solução de maior grau, por menor tempo, é capaz de remover a camada de resina, sem que o produto padeça com maior fragilidade estrutural, ou seja necessário equipamento especial como banho de ultrassom. A imersão do produto em álcool 99% por 3 minutos, com utilização de equipamento simples para agitação do produto imerso, já é suficiente para reduzir por completo a viscosidade da superfície, dependendo apenas da completa atenção do usuário da impressora em relação ao tempo total de imersão, por tratar-se de uma solução mais pura. A remoção dos suportes é feita após a retirada dos dispositivos da impressora, preferencialmente com a utilização de alicate de corte. O projeto inicial, para a etapa final de cura, utilizou radiação ultravioleta direta. Mostra-se necessário considerar, em manual, que a radiação atua com o objetivo de endurecimento da camada externa da resina, sendo o oxigênio responsável pela prevenção da cura completa do material quando difundido à superfície. A imersão dos produtos em água estabelece uma camada protetora à resina, o que impede a atuação direta do oxigênio, o que acaba por acelerar o processo de cura e finalização do produto.

### 3. SOLUÇÃO ESCOLHIDA

A solução escolhida toma como base as dimensões compreendidas no modelo originalmente produzido, com todas as adaptações sendo exercidas mediante à escala final do produto já impresso. Com a observação de todas as considerações quanto a pontos presentes na estrutura, foi adotado formato arredondado, com o objetivo de minimizar angulações e arestas, assim como fortalecimento do ponto de flexão das hastes. Para providenciar maior facilidade de instalação, o arco maior foi amplificado e avolumado, possuindo o clipe perfil elíptico. A extensão para fixação de lâmina plástica adotou características pertinentes às considerações exercidas quanto à capacidade de fixação do botão de encaixe, assim como o formato adequado evidenciado pela possibilidade de abandono do botão explorada pelo desenvolvimento de clipe de atuação fixadora por pressão.

O produto pode ser entendido como um aplique, encaixado às pernas de óculos de proteção ou oftálmicos por meio de pressão e atrito, possibilitando a acoplagem de escudos protetores compostos por diversos materiais, como lâminas plásticas, chapas de PETG, folhas de acetato, dentre outros, desde que obedeçam dimensões similares às padronizadas. O clipe, como pode ser denominado, para o encaixe do escudo plástico, possui uma projeção ou “botão” em uma de suas faces internas, que permite fixação por meio de encaixe em perfurações no escudo. O objetivo da invenção foi o desenvolvimento de uma adaptação inovadora a escudo facial, com caráter universal, possibilitando a confecção em diversos materiais, inclusive em resinas autoclaváveis, o que possibilitaria, assim, a esterilização sem risco de danificação da lâmina, possibilitando, ainda, sua eventual troca, considerando inclusive sua produção em impressoras de filamento, destinada a um produto plástico de uso universal, em situações cotidianas.

A proteção individual por meio da utilização de “face shield” baseia-se na utilização de lâmina plástica sobre a face, geralmente acoplada a dispositivo externo, de forma que se cria uma barreira de maior eficácia em relação a máscaras cirúrgicas, tendo visto aumento significativo de demanda no ano de 2020. Tendo em vista, principalmente, os riscos oferecidos aos profissionais da área de saúde e a constante busca por métodos práticos e eficazes de proteção individual, com



ênfoque, também, na redução da contaminação pelo SARS-CoV-2, desenvolveu-se um clipe, através do qual a lâmina plástica, previamente acoplada a dispositivos separados, pode ser fixada diretamente à armação de óculos de grau ou de proteção individual, possuindo pequeno porte, boa resistência, maior portabilidade, menor peso e baixo custo de produção. A ideação do formato do clipe, portanto, foi exercida com o objetivo de corrigir potenciais pontos de fratura e aumentar a previsibilidade do resultado, assim como sua abrangência de aplicações. O projeto evidenciou que, ao se tratar de impressão 3D SLA, o processo de pós produção é tão relevante quanto, senão mais crucial do que as etapas iniciais. Um objeto pode possuir boa integridade estrutural caso a cura seja corretamente providenciada, no entanto, caso não o seja, pode sofrer fraturas imprevistas.

A folha plástica utilizada possui, idealmente, 35 cm de largura e 25cm de altura, com perfurações exercidas a 1cm da borda e altura a depender do usuário. A escolha por um acetato de menor espessura permite o aumento da escala utilizada para o escudo facial, sem que se sobrecarregue as armações dos óculos, aumentando a cobertura da face do usuário. O teste de encaixe e utilização foi feito com óculos de proteção individual, inicialmente, pois costumam possuir corpo protetor na lateral, área na qual o clipe não pode ser acoplado, devendo a folha plástica ser extensa o suficiente para exercer encaixe com clipe posicionado no terço médio das armações. Para reduzir a carga do aparelho, impedindo queda constante dos óculos, o plástico pode ter suas dimensões reduzidas para 28x25cm, pois muitas armações oftálmicas permitem o posicionamento dos dispositivos mais próximo às lentes.

O dispositivo foi desenvolvido tendo em mente sua aplicabilidade ao maior número de armações possível, delimitando-se enquanto parte de um processo de design universal, ou seja, para todos, independente de ocupação ou faixa etária. O design elencado resulta de um processo de criação extenso, mas que buscou maior eficiência e resiliência, culminando em produto que atende a todos os requisitos apresentados, podendo ter sua escala alterada sem que se perca funcionalidade.

### **3.1 Adequação aos Requisitos**

O produto atende a todos os requisitos estipulados, ao possuir integridade estrutural superior ao projeto inicial e compatível com a resina utilizada, delimitando-se como adição de invenção ao projeto inicial. A funcionalidade pôde ser integralmente

preservada, com mesmo método de inserção de óculos e lâmina plástica, sendo que foi almejado e concebido encaixe facilitado a armações oftálmicas e protetoras, de simples manuseio e montagem, a partir da utilização de legendas compreensíveis. O encaixe ao escudo plástico foi reestruturado, o que possibilitou uma melhor fixação. A manutenção do método de atuação do clipe, ainda, permite que o rosto do usuário seja completamente coberto.

Quanto à utilização do material em geral, foi observada maior relevância quanto ao uso de escudo facial em PET ou acetato, com o primeiro adequando-se às demandas do produto por possuir menor peso e maior acessibilidade. O Clipshield pode ser distribuído como um conjunto, que inclui par de cliques e lâmina plástica já perfurada, ou via obtenção de arquivo para impressão e consequente produção própria. Alterações na escala do dispositivo foram testadas, para que fosse avaliada sua capacidade de funcionamento independentemente de tamanho, levando-se em consideração as dimensões das hastes dos óculos do usuário. O desenvolvimento final a partir de arquivo simplificado, como possibilitado pelo software Blender 3D, permite aceleradas alterações, sem que se perca o princípio de funcionamento da peça.

Em relação ao design universal, o dispositivo possibilita uso equitativo, ao apresentar funcionalidade simples e acessível a pessoas com habilidades diversas, com mesmo resultado de sua utilização, além de possibilitar sua impressão em dispositivos SLA, SLS, FDM e DLP. Possui utilização flexível, pois acomoda distintas preferências quanto à escolha de materiais e âmbitos, podendo ser aplicado a uma grande gama de armações. Seu uso, além de ser acompanhado de manual instrucional, é simples e intuitivo, facilitando a compreensão independente da experiência do usuário, comunicando as informações pertinentes de forma efetiva. O design foi exercido de forma a tolerar em maior medida possível os erros mediante ao uso, com estrutura resistente e padronização de cura de resina. A instalação é simples, podendo ser exercida sem o uso excessivo de força ou dispêndio de fadiga, além de permitir tamanho apropriado para manipulação e uso.

### **3.2 Desenvolvimento de Manuais**

A partir das considerações estabelecidas durante geração de alternativas, o manual de pós produção e controle de qualidade incluiu as seguintes informações:

1. Retirada dos cliques da plataforma da impressora;
2. Imersão dos cliques em álcool 91% ou 99% por entre 3 e 5 minutos, até que a camada superficial de resina seja removida. Agitar o material constantemente;
3. Retirada dos cliques do álcool e imersão em recipiente com água;
4. Exposição do recipiente a iluminação ultravioleta direta (lâmpada) por 5 minutos, OU exposição ao sol por 15 minutos;
5. Retirada e secagem dos cliques;
6. Remoção de suportes remanescentes e utilização de lixa para acabamento;
7. Tratamento dos cliques com óleo comum.

A padronização do processo de pós produção é essencial para que o produto cumpra suas demandas de forma eficiente, com grande previsibilidade do produtor e do usuário quanto a sua integridade estrutural. O manual, de fácil compreensão, é estruturado de forma a permitir utilização em cores ou em preto e branco, tendo sido produzido com a utilização de ícones simples. O modelo final possui título convidativo, abrangendo impressões em resina SLA como um todo, não apenas em relação ao produto desenvolvido, pois o processo de cura independe da peça impressa. O manual pode ser utilizado, assim, para a pós produção de outros projetos, tendo sido fruto de extensivo processo de consulta a profissionais e pesquisas. Foi utilizada uma única cor ao longo do arquivo, sendo essa o azul #3c6ca8, favorecendo a compreensão e o raciocínio com fonte “*Poppins Bold*” no texto e “*Horizon*” no título e numerações.

## COMO CURAR RESINA SLA

A RESINA SLA É AQUELA UTILIZADA POR IMPRESSORAS DE MESMO NOME E REQUER ATENÇÃO EM SEU PROCESSO DE CURA. VEJA COMO FINALIZAR SUA IMPRESSÃO ABAIXO!

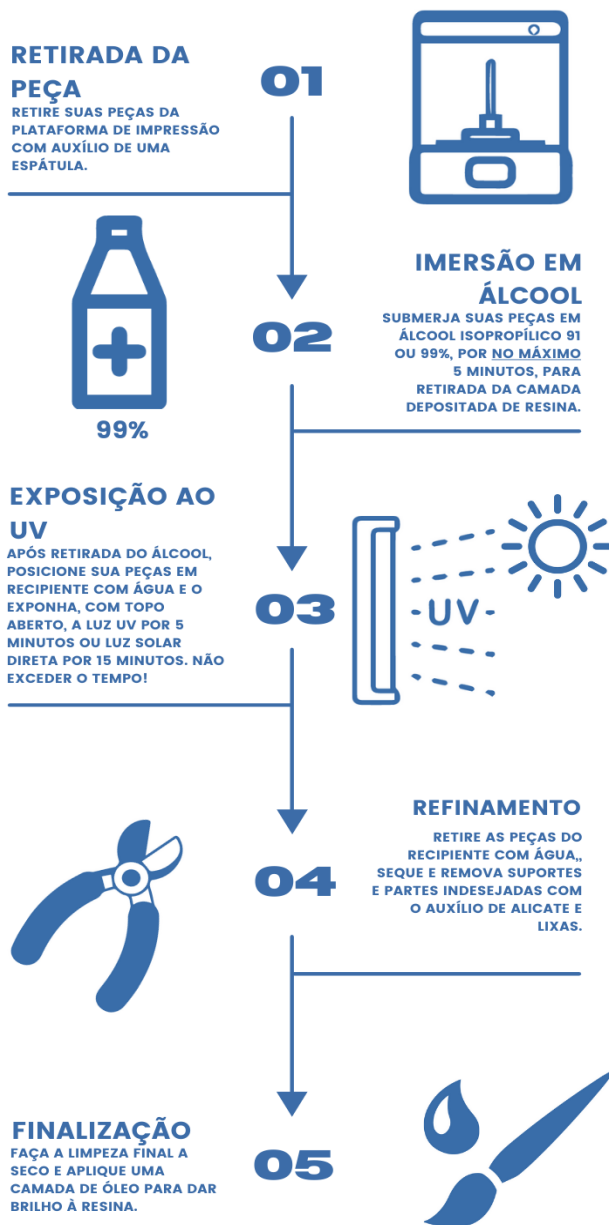


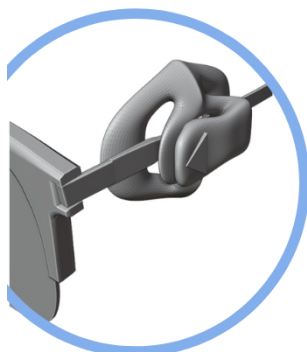
Figura 17: Manual de pós-produção de resina SLA

O manual de instalação e utilização do produto, por sua vez, levando em conta seu design final, incorpora as seguintes elucidações:

1. Posicionamento correto do clipe em relação ao rosto;
2. Inserção das hastes dos óculos no clipe;
3. Encaixe da folha plástica no local designado;
4. Sugestões acerca do material do escudo facial;
5. Orientações quanto à limpeza do equipamento.

O manuseio do produto, auxiliado tanto por suas legendas quanto por seu formato convidativo, é expresso de modo ainda mais intuitivo com auxílio do manual, sendo também produzido como a possibilitar compreensão em cores ou em preto e branco. O arquivo demonstra a utilização do clipe a partir de imagens representativas, desenvolvidas com o auxílio de software 3D, como a apresentar elementos que compõem a figura e suas respectivas aplicações. As cores elencadas foram o preto #000000 e o azul #3c6ca8, com fonte "Poppins Bold". O manual ilustra a utilização do equipamento por meio de passos, que elucidam formas corretas de instalação, limpeza e manutenção.

# MANUAL DE INSTALAÇÃO DO ESCUDO FACIAL

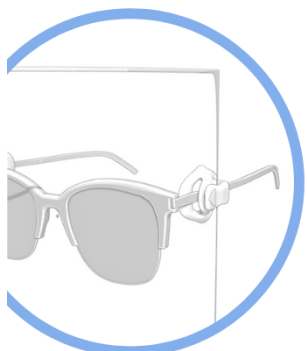
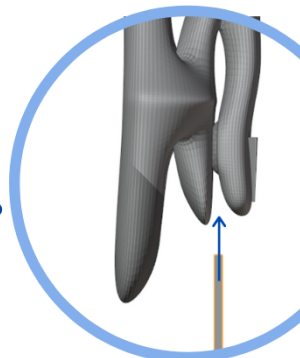


## PASSO 1: POSICIONAMENTO

Insira a haste dos óculos que serão usados com o escudo facial no espaço entre os arcos do clipe, com a seta voltada para fora e apontada às lentes.

## PASSO 2: ENCAIXE DO ESCUDO

Perfure a folha plástica de acetato ou PETG na altura desejada e insira-a no espaço indicado, até que o botão de encaixe do clipe esteja no interior do orifício.



## PASSO 3: LIMPEZA

Com o término do uso, o clipe pode ser retirado e autoclavado. Utilize, também, água e sabão neutro para a limpeza adequada do equipamento.

## MANUTENÇÃO

Armazene o clipe em local abrigado de luz solar direta, a temperatura ambiente. Utilize óleo para manter a lubrificação da superfície e seu brilho.

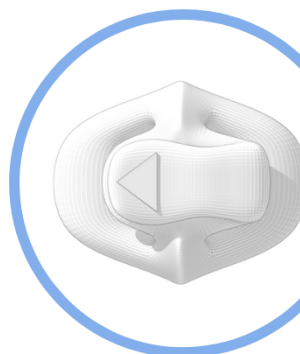


Figura 18: Manual de instalação dos cliques

### 3.3 *Rendering Final*

O software Blender 3D possibilita a criação de simulações virtuais do resultado, em processo denominado *rendering*. A cena é criada pelo designer com a adição dos elementos relevantes ao completo entendimento do produto, no caso, um par de óculos, os cliques e um escudo facial, em distintas composições e esquemas de iluminação, simulados por meio de um motor de renderização baseado em física, por meio de *path tracing*, ou simulação dos caminhos percorridos pela luz.



Figura 19: *Render 1*



**Figura 20: Render 2**



**Figura 21: Render dos clips**



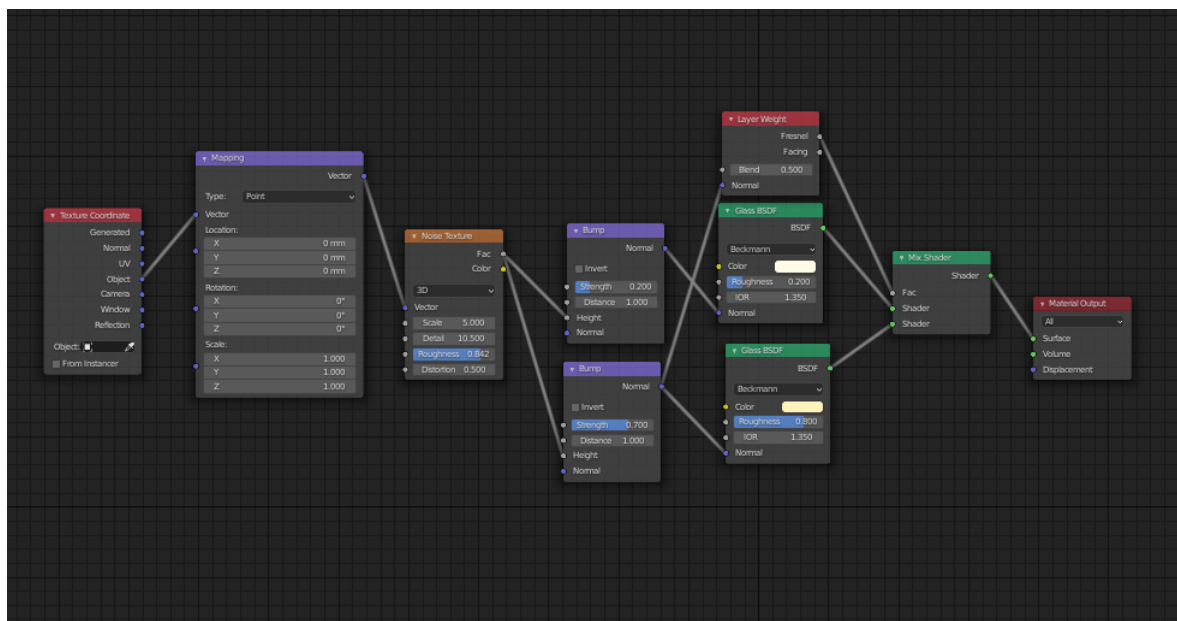


Figura 22: Propriedades de material do clipe no Blender



Figura 23: Clipes impressos



**Figura 24: Óculos EPI com escudo acoplado**



**Figura 25: Óculos EPI com escudo acoplado**

## CONCLUSÃO

A necessidade de produção de EPIs para atender a demanda da COVID-19 aliada ao aspecto psicológico consequente do afastamento social imposto aos indivíduos; inspirou o desenvolvimento desta monografia. O produto gerado, atendendo a todos os princípios do design universal, é capaz de beneficiar o maior número de pessoas possível, de forma a promover proteção também nas atividades cotidianas. Os dispositivos desenvolvidos no projeto e nesta monografia podem trazer os indivíduos ao convívio social com biossegurança, proporcionando qualidade de vida. Com o estudo de processos de cura e pós-produção utilizados para a comercialização de produtos impressos com impressoras SLA, assim como entrevistas realizadas com profissionais de impressão 3D atuantes na área de saúde, que exige excelso padrão de integridade estrutural, foi possível desenvolver produto com maior potencial de redução de descarte com protocolo produtor e de controle de qualidade. O novo produto, além de ser aplicável a hastes de óculos oftálmicos e de EPI, possui maior resistência estrutural observável. Foi verificado que uma baixa padronização dos procedimentos, ainda, pode resultar em maior imprevisibilidade dos resultados e descarte. O presente projeto, ainda, desenvolveu manual de pós-produção compreensível para usuários responsáveis pelo tratamento dos dispositivos diversos impressos em impressoras SLA, com completa implementação de diretrizes e orientações, visando procedimento produtivo mais eficiente, com maior quantidade de equipamentos plenamente utilizáveis e superior prognose de resultados. O produto, atendendo a todos os princípios do design universal, busca promover maior sentimento de segurança e qualidade de vida no cotidiano.

## RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

As conclusões atingidas e produtos elaborados foram capazes de estabelecer orientações para a utilização de impressoras 3D do tipo SLA e o tratamento de suas respectivas resinas. O clipe exerce as funções requisitadas de forma adequada, em maior grau do que anteriormente explicitado. O manual de utilização do produto auxilia sua instalação, prevenindo mal uso, enquanto o manual de cura para resinas SLA demonstra-se pertinente não só ao presente projeto, como também a quaisquer usuários de impressoras baseadas em funcionamento similar. Com os resultados obtidos, espera-se uma redução nos custos de produção, com economia de tempo e mão-de-obra, a fomentação da utilização de escudos faciais por toda a população e um meio de preservação do sentimento de segurança dos usuários. Almeja-se, futuramente, a distribuição do arquivo .stl do clipe, por meio de doações ou valores simbólicos, possibilitando a impressão por qualquer tipo de pessoa com acesso a impressoras 3D. O projeto, acima de tudo, delimita-se como porta de entrada a consequentes trabalhos de impressão 3D no ramo de saúde e biossegurança, visando uma maior inserção dos conceitos de design universal ao ramo de design de produtos para saúde.

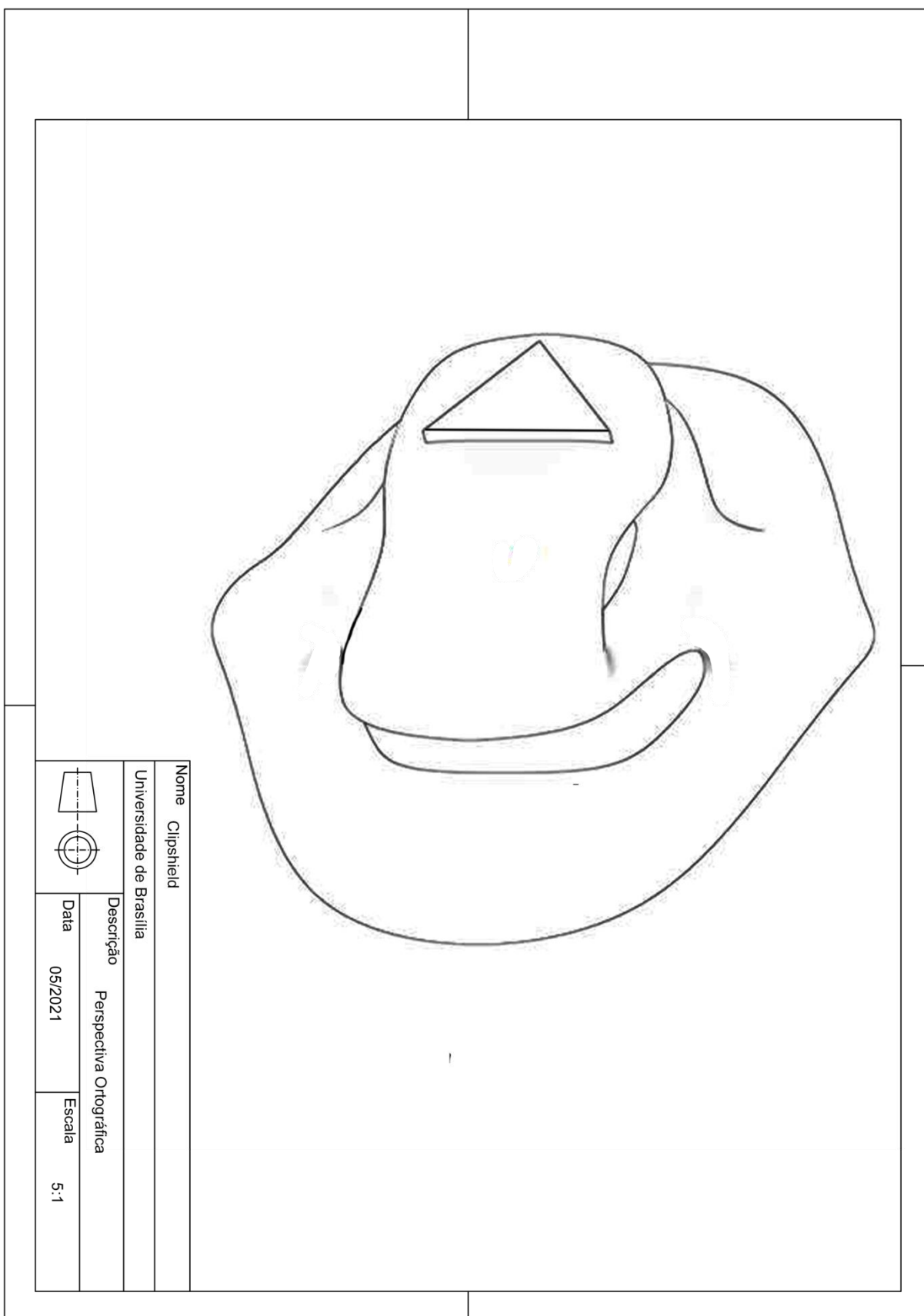
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Drosten, C., Günther, S., Preiser, W., van der Werf, S., Brodt, H.R., Becker, S., Rabenau, H., Panning, M., Kolesnikova, L., Fouchier, R.A., et al. (2003). *“Identification of a novel coronavirus in patients with severe acute respiratory syndrome.”* N. Engl. J. Med. 348, 1967–1976.
2. Ksiazek, T.G., Erdman, D., Goldsmith, C.S., Zaki, S.R., Peret, T., Emery, S., Tong, S., Urbani, C., Comer, J.A., Lim, W., et al.; SARS Working Group (2003). *“A novel coronavirus associated with severe acute respiratory syndrome.”* N. Engl. J. Med. 348, 1953–1966.
3. Zaki, A.M., van Boheemen, S., Bestebroer, T.M., Osterhaus, A.D., and Fouchier, R.A. (2012). *“Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia.”* N. Engl. J. Med. 367, 1814–1820.
4. Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., et al. (2020). *“Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan”* (China: Lancet).
5. Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., et al. (2020). *“A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019.”* N Engl J Med. 382, 727–733.
6. Ferguson et al.(2020). *“Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand.”* Disponível em: <https://www.imperial.ac.uk/media/imperialcollege/medicine/sph/ide/gidafellowships/Imperial-College-COVID19-NPImodelling-16-03-2020.pdf>
7. Alltucker K , O’Donnell J (2020). *“When will the threat of coronavirus end? It might return every winter”* Disponível em: [https://www.usatoday.com/story/news/health/2020/02/06/coronavirus\\_wuhan\\_china\\_recurring-winterillness-flu/4665482002/](https://www.usatoday.com/story/news/health/2020/02/06/coronavirus_wuhan_china_recurring-winterillness-flu/4665482002/).
8. Chen, Y & Li, L. (2020). *“SARS-CoV-2: virus dynamics and host response.”* Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099\(20\)30235-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(20)30235-8/fulltext)

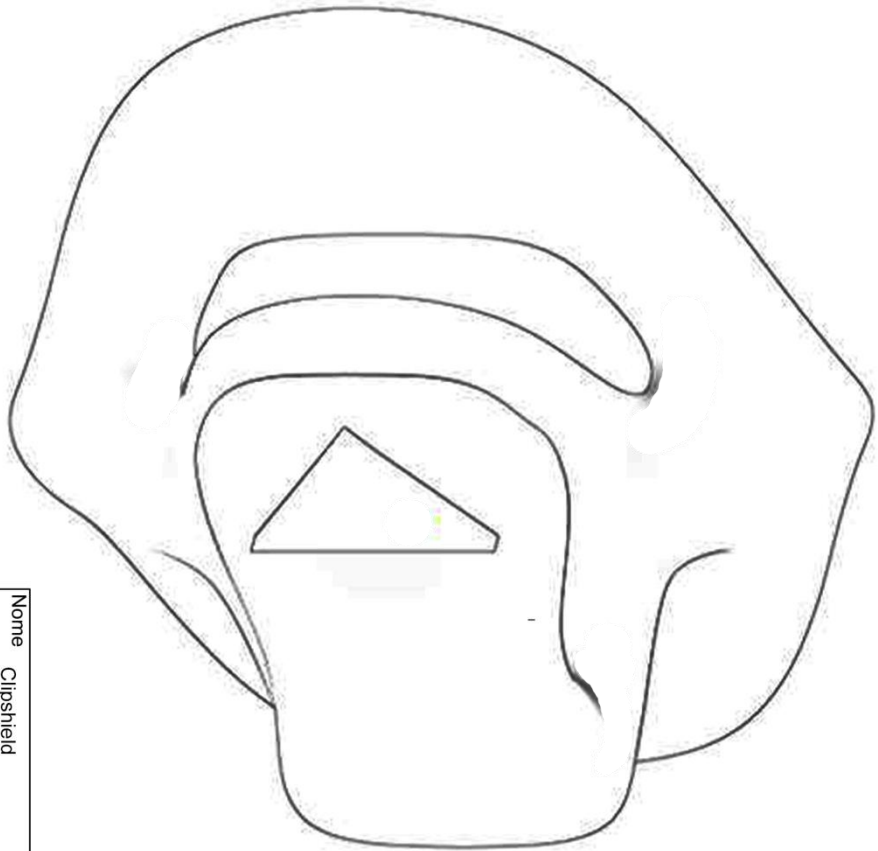
9. Editorial. (2020). COVID-19: protecting health-care workers. *Lancet*.395(10228):922.
10. “Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing”, disponível em: <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>
11. Boole, George. “*An Investigation of the Laws of Thought*”, 1. Ed. Cosimo Classics, 2007
12. GOOGLE. Google Forms. Disponível em: <https://www.google.com/forms/about/> Acesso em 27 de nov. 2020
13. CARDOSO, Rafael. Design para um mundo complexo. 1. ed. São Paulo: Cosac Naify, 2013.
14. CANVA. Canva. Disponível em: <https://www.canva.com> Acesso em 20 de abr. 2021
15. Varotsis, Alkaios Bournais. “Introduction to SLA printing”, disponível em: <<https://www.hubs.com/knowledge-base/introduction-sla-3d-printing/>>, acesso em 17 de abr. 2021
16. CONNELL, Bettye Rose, JONES, Mike, MACE, Ron, MUELLER, Jim, MULLICK, Abir, OSTROFF, Elaine, SANFORD, Jon, STEINFELD, Ed, STORY, Molly, VANDERHEIDEN, Gregg. “*The Principles of Universal Design*”, North Carolina: NC State University, College of Design, 1997, disponível em: <[https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/pubs\\_p/docs/poster.pdf](https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/pubs_p/docs/poster.pdf)>, acesso em 18 de mai. 2021

## APÊNDICE A

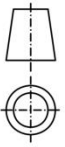
### Desenhos técnicos

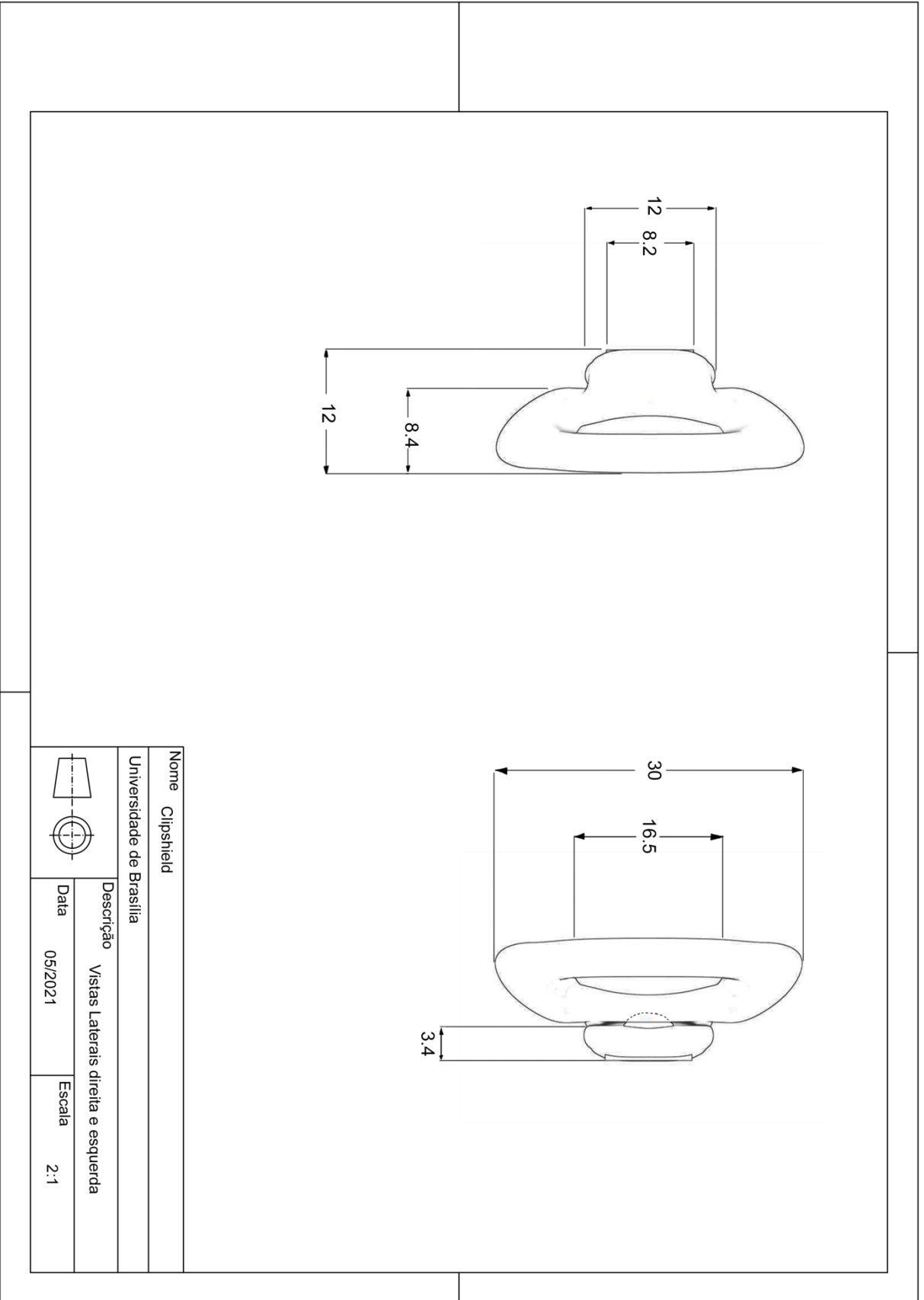


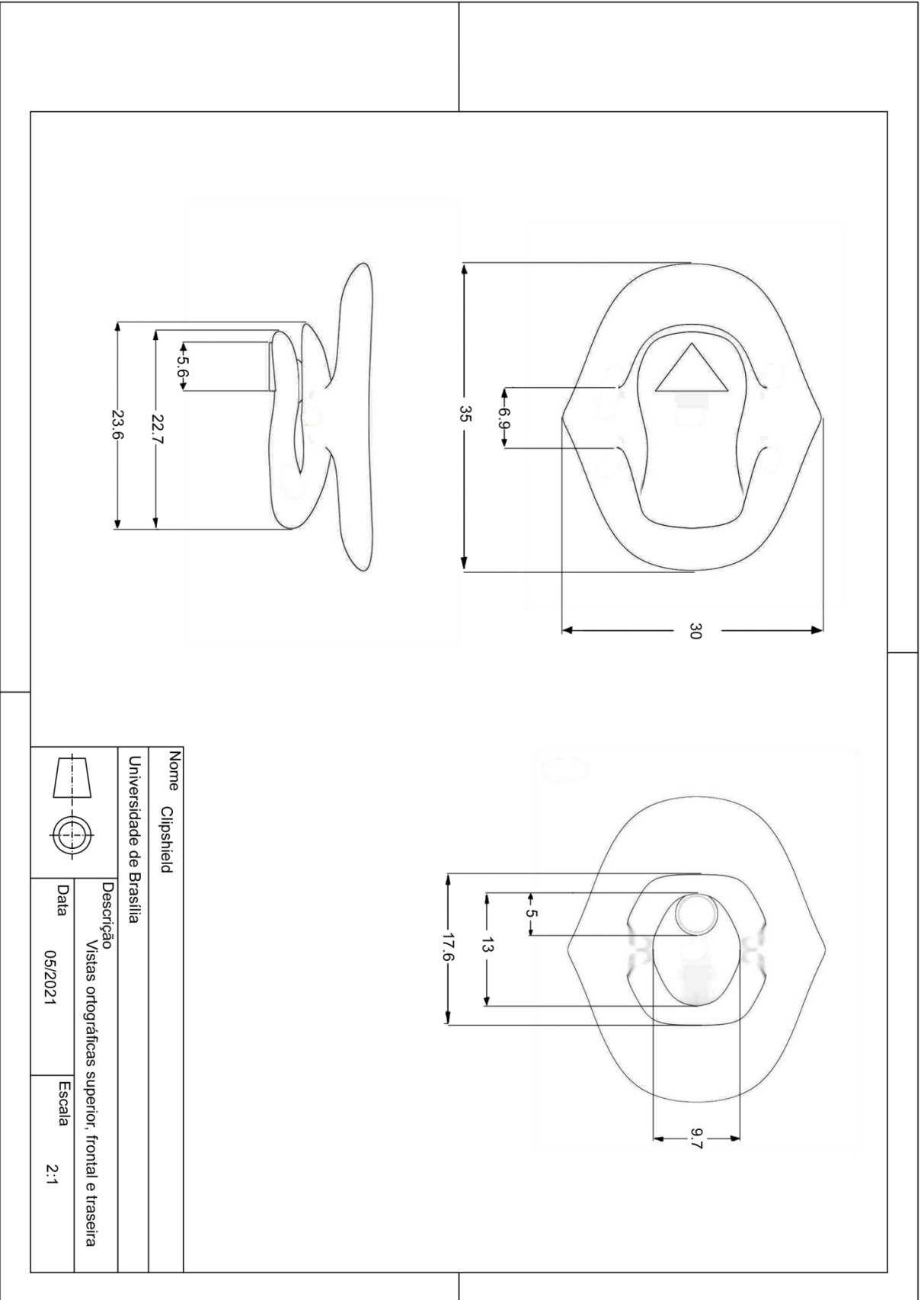




Nome		Clipshield	
Universidade de Brasilia			
Descrição		Perspectiva Ortográfica	
Data	05/2021	Escala	5:1





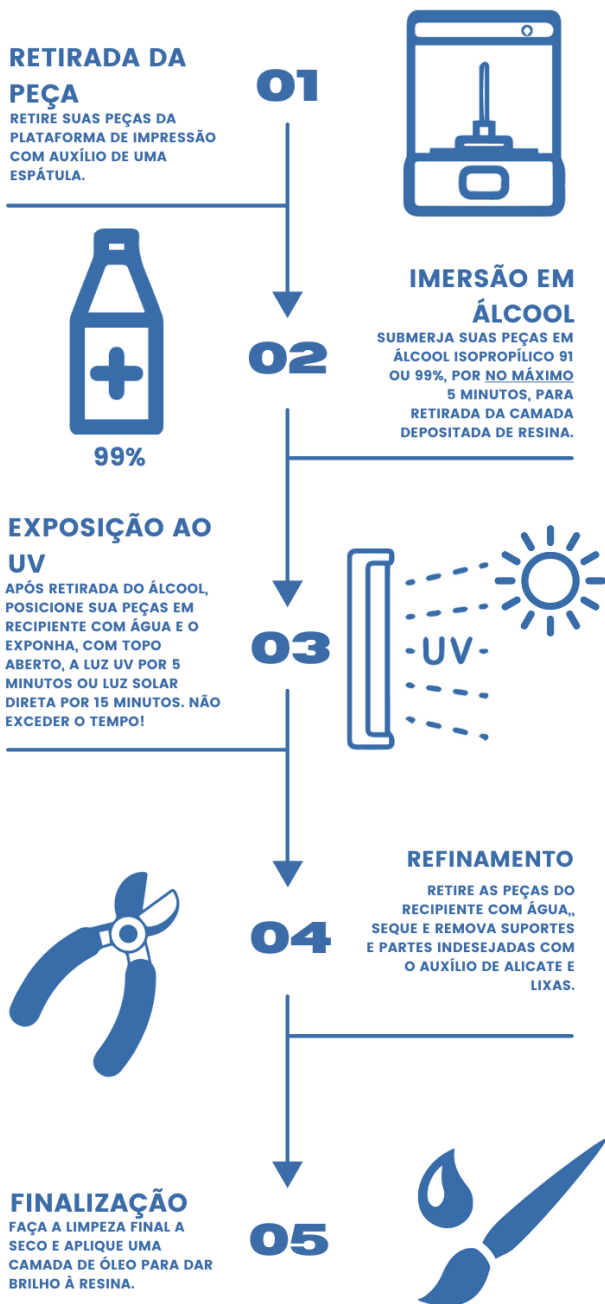


## Apêndice B

### Manuais

# COMO CURAR RESINA SLA

A RESINA SLA É AQUELA UTILIZADA POR IMPRESSORAS DE MESMO NOME E REQUER ATENÇÃO EM SEU PROCESSO DE CURA. VEJA COMO FINALIZAR SUA IMPRESSÃO ABAIXO!



# MANUAL DE INSTALAÇÃO DO ESCUDO FACIAL

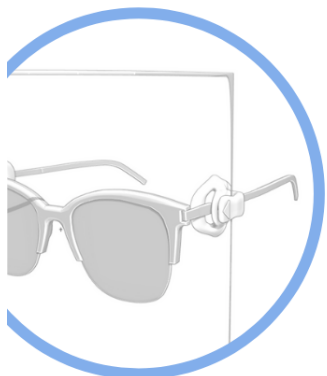
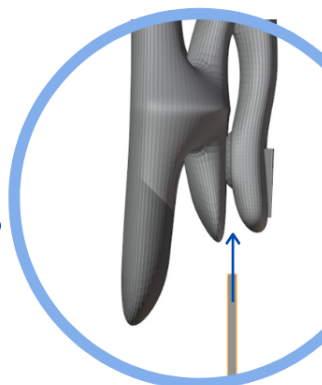


## PASSO 1: POSICIONAMENTO

Insira a haste dos óculos que serão usados com o escudo facial no espaço entre os arcos do clipe, com a seta voltada para fora e apontada às lentes.

## PASSO 2: ENCAIXE DO ESCUDO

Perfure a folha plástica de acetato ou PETG na altura desejada e insira-a no espaço indicado, até que o botão de encaixe do clipe esteja no interior do orifício.

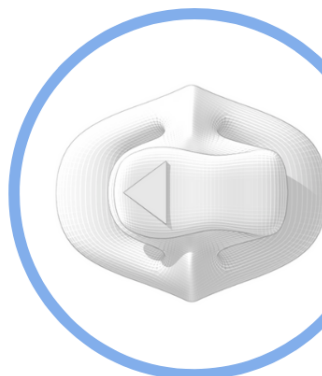


## PASSO 3: LIMPEZA

Com o término do uso, o clipe pode ser retirado e autoclavado. Utilize, também, água e sabão neutro para a limpeza adequada do equipamento.

## MANUTENÇÃO

Armazene o clipe em local abrigado de luz solar direta, a temperatura ambiente. Utilize óleo para manter a lubrificação da superfície e seu brilho.



## APÊNDICE C

### Entrevista com técnico de impressão 3D em saúde

**Entrevistado:**

W: Walisson Guimarães

Data: 15/04/2021

**Entrevistador:**

Local: whatsapp

M: Marcio von Sperling

Horário: 17h

M: Primeiramente, boa tarde. Estava precisando de umas informações pra ajudar no meu TCC, a respeito de impressão 3D. Poderia me descrever o processo de cura da resina transparente utilizada na empresa? Tem algum álcool específico? Tempo de imersão, etc? Do momento em que sai da impressora até ir pra expedição, como é feito?

W: Quando retiramos as peças, lavamos elas no álcool isopropílico, e faço a pós cura, dependendo da potência de luz UV, deixa em média 5 minutos, faço acabamento, e pra finalizar passo óleo.

M: Certo, interessante. Vocês não deixam muito tempo imerso no álcool, ou só pra tirar o excesso de resina?

W: Não, pois o álcool resseca a peça, e como são guias para cirurgia, não pode ter nenhuma danificação. Às vezes eu passo uma escova.

M: Exatamente o que estava imaginando...no projeto que fiz deixaram algumas peças por até 15min no álcool e quebraram fácil. Quanto tempo ficaria no álcool para reduzir essa chance de quebra?

W: Deixo no álcool o tempo de sair a camada pegajosa

M: Isso deve dar o que, uns 3 minutos?

W: Chega até 5. Vai depender do tempo que leva pra sair a camada de resina, mas não deixamos mais que 5 minutos.

M: No mais, além do álcool, existe alguma coisa que pode danificar a peça? Tipo muito tempo no UV?

W: Sim, excesso de UV pode dar distorção, ou até deixar a peça quebradiça.

M: Entendi. Por último, o óleo no final, tem alguma razão mais específica?

W: Ela da brilha nas peças. Tipo passar cera em um carro

M: ah sim, é mais pela aparência. Beleza, muito obrigado!