

Escudo facial TEZ: aspectos ergonômicos relevantes para o projeto de design de um protetor facial

TEZ face shield: ergonomic aspects relevant to the design of a face shield

Paulo Miranda de Oliveira; Universidade Federal de Juiz de Fora; UFJF
Róber Dias Botelho; Universidade Federal de Juiz de Fora; UFJF
André Mol; Universidade Federal de Juiz de Fora; UFJF

Resumo

O estudo é decorrente do desenvolvimento de um escudo facial e emergiu em resposta ao enfrentamento da COVID-19. Foi neste contexto que se propôs o desenvolvimento de um produto focado na otimização de todo seu ciclo de vida. Para tal, tem-se como objetivo geral do texto, apresentar os desafios projetuais em Design ligados ao desenvolvimento de um escudo facial no contexto da COVID-19. A pesquisa pode ser caracterizada como sendo de natureza aplicada, do ponto de vista da abordagem do problema como qualitativa, do ponto de vista dos objetivos como sendo exploratória e explicativa, com procedimentos técnicos bibliográficos e experimentais e foi organizada em seis fases: I. construção de referencial por meio de levantamento; II. análise dos projetos levantados na primeira fase; III. geração de ideias e protótipos; IV. testes com usuários; V. desenvolvimento da identidade visual, nome e logotipo do produto. Após estudo e modelagem, chegou-se a um resultado que teve como foco o ciclo de vida do produto pontuando materiais, processamento, logística, manuseio e destinação final. Além da experiência acadêmica, o projeto rendeu três depósitos junto ao INPI, estando o produto e sua marca devidamente registrados.

Palavras-chave: protetor facial; monomaterial; corte a laser; usabilidade; design para saúde

Abstract

The study stems from the design of a face shield and emerged in response to coping with COVID-19. It was in this context that the development of a product focused on optimizing its entire life cycle was proposed. To this end, the general objective of this text is to present the project challenges in Design linked to the development of a face shield in the context of COVID-19. The research can be characterized as applied by its nature, as qualitative from approaching the problem, as exploratory and explanatory from the objectives, with bibliographic and experimental technical procedures and was organized in six phases: I. examples research; II. analysis of the founded examples; III. prototyping; IV. testing with users; V. development of the product's visual identity. After study and modeling, a result was reached that focused on the life cycle of the product, scoring materials, processing, logistics, handling and final destination. In addition to the academic experience, the project yielded three deposits at INPI, with the product and its brand duly registered.

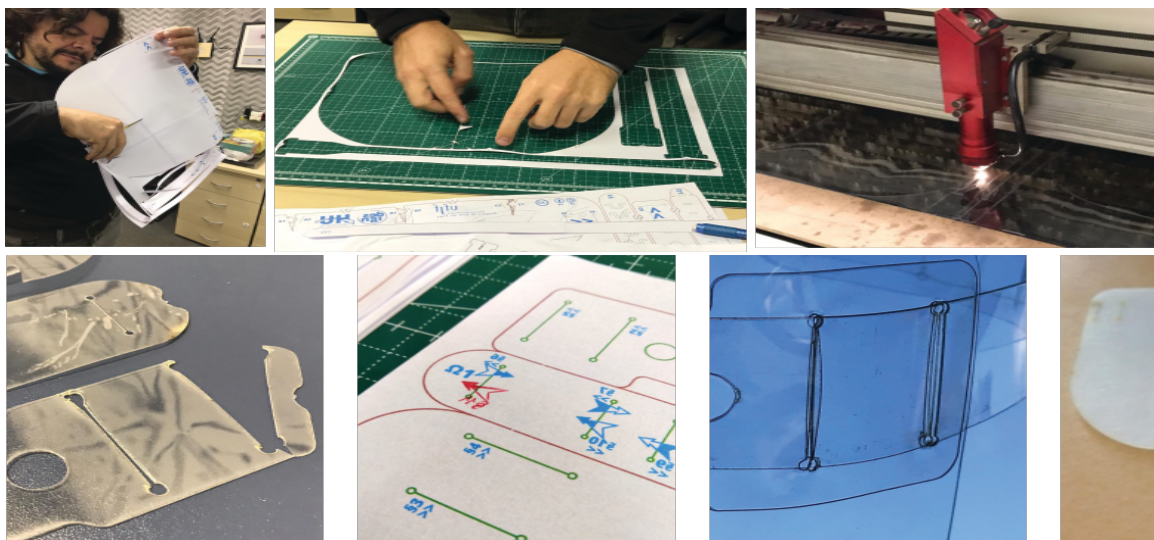
Keywords: face shield; mono-material; laser cut; usability; medical product design

1. Introdução

O desenvolvimento de um escudo facial surgiu em resposta ao enfrentamento da pandemia de COVID-19 e seus impactos nos serviços públicos de atendimento. Pesquisadores da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) desenvolveram um produto com características inovadoras para atender às necessidades dos usuários, como redução do peso e melhor adequação para o uso, além de simplificar a produção e agilizar a distribuição (UFJF-a, 2020).

Diferentes iniciativas de produção de protetores faciais foram adotadas em universidades brasileiras, principalmente naquelas que dispunham de laboratórios com impressoras 3D (GOMES, 2020). Até mesmo na UFJF, através de parceria entre laboratórios vinculados à Engenharia e à Arquitetura, houve a produção e distribuição de protetores para equipes de segurança, serviços de saúde da universidade além de hospitais da região (UFJF-b, 2020). Foi neste contexto que professores do Bacharelado em Design do Instituto de Artes e Design se propuseram o desafio de desenvolver um produto focado na otimização de seu ciclo de vida, dos aspectos ergonômicos e produtivos (Figura 1).

Figura 1 – Desenvolvimento do escudo facial.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Denominado Protetor Facial TEZ, o produto alcançou aspectos diferenciais que se destacaram a ponto de renderem à universidade três registros junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Dentre os aspectos destacam-se: (i) ser um modelo autoestruturante; (ii) produção rápida e simplificada (se comparada aos modelos que utilizam arcos de impressoras 3D); (iii) ocupação volumétrica otimizada para os quesitos de sistemas de embalagem e transporte, nos quais impacta positivamente na logística de distribuição e estoque; (iv) a condição monomaterial que permite um efetivo cumprimento às normativas ambientais e às propostas vislumbradas pelo ecodesign, além de (v) facilitar o ajuste de fixação à cabeça dos usuários, respeitando suas características físicas (diferente dos elásticos usados em outros

modelos) e ainda (vi) a redução de componentes e do peso do produto, promovendo maior conforto.

Com referência neste contexto, o objetivo geral, com a publicação, é apresentar os desafios projetuais em Design ligados ao desenvolvimento de um escudo facial no cenário da COVID-19.

2. Referencial teórico

A literatura que apresenta o Estado da Técnica do produto baseia-se na sua necessidade e importância durante a pandemia, compreendendo as áreas de saúde e segurança do trabalho.

2.1 Proteção facial

Como aponta Roberge (2016), nos diferentes relatos de profissionais de saúde referentes à contaminação, em muitos eventos têm a face como a porção do corpo notoriamente atingida, seja por respingos, aspersão de líquidos ou fluidos corporais. Neste contexto a proteção facial é necessária e requer atenção entre as prerrogativas de equipamentos individuais de proteção. O autor descreve o protetor facial como “um equipamento de proteção individual (EPI), que fornece proteção de barreira para a área facial e membranas mucosas relacionadas aos olhos, nariz e boca”.

Ainda segundo Roberge (2016), não há registros oficiais do início do uso da proteção ocular, seja ela óculos ou outros instrumentos, na área médica, no entanto uma patente datada de 1903 foi registrada, intitulada “escudo facial sanitário transparente para proteção de inalação de germes produtores de doenças”. Menciona ainda outra patente correlacionada à proteção facial, 71 anos depois, de um tipo de capuz cirúrgico com uma placa plástica transparente que incluía um sistema de sucção para remover a respiração exalada de baixo da base plástica e, em 1989, uma touca médica com um protetor facial incorporado.

Segundo a *Occupational Health and Safety Administration* (OSHA, 2019), os surtos recentes de doenças infectocontagiosas graves transmitidas pelo ar, como a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), a Influenza Aviária, o H1N1 e mais recentemente o COVID-19, com agentes infecciosos associados ao potencial de exposição a fluidos corporais, comparado, como por exemplo, as exposições pelo vírus Ebola, o que evidenciam uma maior atenção à proteção da face, especialmente a mucosa dos olhos, nariz e boca, exaltando a utilização da proteção facial como EPI de destacada relevância.

Tendo o contexto da COVID-19 como referência, notou-se o expressivo potencial de usuários com diferentes perfis para os escudos faciais, como profissionais de saúde, prestadores de serviços médicos e odontológicos, atendimento veterinário, técnicos de laboratório, prestadores de serviços médicos de emergência pré-hospitalares, policiais, bombeiros e profissionais que lidam com descarte de resíduos.

As vantagens dos escudos faciais (ROBERGE, 2016, p. 236) comparados a outras formas de proteção facial/ocular, conjugadas com máscaras protetoras (respiradores com elementos

filtrantes, máscaras médicas/cirúrgicas) e óculos de proteção, apontam-se como aspectos ergonômicos relevantes para o projeto de design destes produtos :

- mais confortável;
- protege quase a totalidade do rosto;
- menor retenção do calor facial cutâneo;
- embaça menos que os óculos de proteção padrão;
- menos claustrofóbico;
- sem impacto na resistência respiratória;
- não é necessário teste de ajuste;
- pode ser desinfetado facilmente;
- os usuários não precisam estar barbeados;
- fácil de vestir e tirar;
- relativamente barato;
- sem impacto na vocalização;
- pode ser usado simultaneamente com outros EPIs faciais;
- não impede a comunicação não verbal pela expressão facial;
- ansiedade reduzida do paciente perante o aspecto visual;
- protege contra a autoinoculação em uma área facial maior;
- prolonga a vida útil da máscara facial protetora quando usada simultaneamente.

Esta lista de aspectos positivos do produto demonstra sua importância e ajudam a entender a grande demanda gerada no auge da pandemia de COVID-19.

2.2 O efeito COVID-19

Dentre as diferentes ações que os países adotaram perante a COVID-19, a exemplo do isolamento social, vacinação em massa e higienização das mãos, o uso de EPIs como máscaras, óculos de proteção e protetores faciais (ACIOLY, SENA e GALDINO, 2022), por exemplo, teve destaque nas campanhas de divulgação para combate ao vírus.

Apesar do conturbado contexto, empresas públicas e privadas, universidades e centros de pesquisa trabalharam em cooperação com o campo da saúde para criar soluções e aumentar a produtividade, enquanto enfrentavam os mesmos desafios, riscos e medos. As organizações enfrentaram escassez de EPIs por motivos complexos, como apresentado na pesquisa realizada pela Internacional de Serviços Públicos (ISP-Brasil apud BRASIL, 2020) com mais de três mil

trabalhadores de serviços essenciais no Brasil, durante a pandemia, destacou que 64% deles informaram não possuir EPIs suficientes no trabalho e 11% afirmaram não possuir nenhum equipamento de proteção.

Nas últimas décadas, tanto por questões orçamentárias, quanto de eficiência, as organizações de saúde, assim como outros setores da economia, adotaram uma abordagem de aquisição por demanda, esperando a necessidade para comprar novos suprimentos. Esse modelo funcionou até a crise da COVID-19, quando precisou ser atualizado (ISEA, 2021).

2.3 Mobilização para produção

No início da pandemia o foco recaiu no aumento da produção e fornecimento de equipamentos vitais e necessários. Embora respiradores mecânicos tenham recebido maior atenção, as necessidades de EPIs também incluíam roupas de proteção, escudos para os olhos e o rosto, luvas e outros componentes que os profissionais de saúde utilizam como barreiras contra as infecções (SILVA, PICHLER e GARCIA, 2022).

Em todo o mundo, fabricantes de EPIs reformularam as linhas de produção e estabeleceram parcerias com agências governamentais para ampliarem a oferta dos produtos. Como exemplo dessa colaboração, a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) apresentou o Programa de Resiliência Produtiva estruturada em três eixos voltados (FIRJAN, 2020): (i) propostas e discussões permanentes junto aos governos federal, estadual e municipal; (ii) mobilização empresarial; (iii) oferta permanente de conteúdo para empresas e trabalhadores, informando, prevenindo e antecipando tendências. As ações deste programa envolveram veículos de comunicação, produtores de ventiladores pulmonares, bancos, farmacêuticas, petshops, empresas de telecomunicações, de construção civil, de gestão financeira, de tecnologia, plataformas de assistência médico-veterinária e uma rede varejista no *e-commerce*.

As universidades, por sua vez, com seu conhecimento técnico-científico, se fizeram presentes para ajudar e até reinventar produtos e processos (SILVA, PICHLER e GARCIA, 2022; ARMIJO *et al.*, 2020), estimuladas pela súbita demanda causada pela crise e motivadas pela vontade de transformar conhecimento em soluções eficazes para sociedade. A produção dos laboratórios universitários, mesmo que modesta comparada aos volumes produzidos industrialmente, foi relevante no Brasil, principalmente em cidades menores e distantes das capitais, já que a distribuição dos EPIs pelo governo se concentrou nos grandes centros urbanos num primeiro momento.

3. Metodologia

Com referência em Gil (2008), a pesquisa se caracteriza como de natureza aplicada, pois, objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos. Do ponto de vista da abordagem do problema é qualitativa, já que considera que existe uma relação entre o mundo e o sujeito que não pode ser traduzida em números. Segundo os objetivos, é exploratória, pois objetiva proporcionar maior familiaridade com um problema, e

explicativa, por identificar os fatores que determinam fenômenos e assume, em geral, as formas de pesquisa experimental. Quanto aos procedimentos técnicos é bibliográfica e experimental, por ser elaborada a partir de material já publicado e por determinar um objeto de estudo, selecionando-se variáveis que o influenciam, definindo-se as formas de controle e de observação dos efeitos que as variáveis produzem no objeto.

Os métodos utilizados no desenvolvimento do projeto foram organizados em seis fases:

I. construção de referencial por meio do levantamento de projetos de protetores faciais e das normas sanitárias e ergonômicas vigentes na legislação brasileira que apresentassem informações necessárias para o desenvolvimento do produto.

II. análise dos “pontos fracos” encontrados nos projetos levantados na primeira fase e a seleção daqueles para os quais poderiam ser apresentadas melhorias nos aspectos gerais do produto. Isso permitiu racionalizar a cadeia logística com a redução do volume e do peso, aperfeiçoar o agrupamento e a paletização potencializando a movimentação, a distribuição e a estocagem e melhorar o uso e o descarte coerente, contemplando as relações ergonômicas associadas aos materiais em consonância com demandas ambientais.

III. geração de ideias e protótipos para apresentação de melhorias dos pontos analisados, através de modelos simples que permitiram verificar e refinar as concepções iniciais. Esta fase foi finalizada com a definição por um produto monomaterial de fácil acesso, de estrutura planificada e auto estruturado para o uso.

IV. testes com usuários em dois grupos: o primeiro grupo avaliou a montagem e a desmontagem, o uso e a correlação com outros produtos. Grupo composto por uma médica pediatra e por uma equipe do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), contando com um médico, uma enfermeira, um técnico em enfermagem e um condutor socorrista. Já o segundo grupo, formado por um chefe de enfermagem e duas enfermeiras do Hospital Universitário da UFJF, avaliou o protetor conforme as normas sanitárias. Os resultados permitiram à equipe realizar ajustes implementados no produto final.

V. desenvolvimento da identidade visual com proposição do nome e logotipo do produto (Figura 2), manual de montagem com instruções para estruturação do protetor e, também, o detalhamento do arquivo digital para produção.

Figura 2 – Logotipo desenvolvido para o produto.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

VI. organização da documentação para registros no INPI, uma vez que foi dada prioridade, por parte do Instituto, para avaliação de tecnologias de combate a pandemia. Assim, contando com o apoio e orientação do Centro Regional de Inovação e Transferência de Tecnologia – CRITT / UFJF, todos os registros foram realizados.

Cronologicamente algumas etapas se sobrepuseram, já que os protótipos foram produzidos em Belo Horizonte, há mais de 260km de Juiz de Fora, pois no auge da pandemia as empresas de corte a laser locais esgotaram seus estoques de materiais usados para os testes (Polietileno Tereftalato Glicol – PETG e Acetato).

4. Resultado e discussões

Após estudo e modelagem de quase 100 modelos físicos, chegou-se a um resultado relevante, cuja perspectiva acentuou os elementos determinados nas etapas do *briefing* do projeto em resposta aos problemas mapeados. O escudo de proteção facial (*face shield*) auto-estruturado apresentou-se estável, cômodo e bem assentado sobre a face do usuário, dando proteção integral ao rosto e propiciando amplitude do campo de visão (Figura 3), além de atender todos os quesitos determinados em norma.

Figura 3 – Amplitude de movimentos com o escudo facial.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Dentre as características do produto desenvolvido, são apresentadas a seguir aquelas que destacam seu diferencial inovador e permitem a melhor compreensão da estrutura proposta, sendo elas: materiais, processamento, logística, manuseio e destinação final.

4.1 Materiais

O produto pode ser produzido total e unicamente em lâminas poliméricas de 0,5mm de espessura para atender às normas RDC356/2020 (ANVISA, 2020 – Art. 6º, I e §4º). O projeto previu a possibilidade de aplicação de diferentes materiais, todos polímeros de larga escala de aplicação médico-hospitalar (Quadro 1).

Quadro 1 – Quadro de possíveis materiais para aplicação no produto.

Aplicação	Grupo	Polímeros	Sigla	Número de reciclagem	Prioridade de aplicação no projeto	Principais características
Engenharia	Uso geral	Copoli(acrilonitrila-butadieno-estireno)	ABS	7	5	Rigidez; semelhança ao vidro; alta resistência química; baixa resistência aos solventes orgânicos; baixa resistência às intempéries; menor custo.
		Poli(metacrilato de metila)	PMMA	7	4	Semelhança ao vidro, boa resistência química, alta resistência às intempéries, resistência ao impacto, transparência, capacidade de refletir a luz.
		Poli(ácido Lático)	PLA	7	1	Biocompatibilidade, biodegradabilidade, absorção biológica, além de boas propriedades mecânicas e de processabilidade, estabilidade térmica e baixo impacto ambiental.
		Poli(acetato de vinila)	PVAC	7	3	Adesividade.
Engenharia	Uso geral	Poli(tereftalato de Etileno)	PET	1	2	Resistência mecânica, térmica e química, possibilidade de se apresentar no estado amorfo (transparente), parcialmente cristalino e orientado (translúcido) e altamente cristalino (opaco).

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Mano (2000) e Santana et al. (2018).

Ampliar a gama de materiais para uso na produção foi uma solução encontrada para enfrentar a escassez de algumas matérias-primas vivenciada pela indústria durante a pandemia.

4.2 Processamento

No projeto tem-se como processamento básico o corte de chapas/placas ou chapas contínuas/rolos de material polimérico. Isso permite potencializar o transporte, o armazenamento e a manipulação industrial do insumo.

4.2.1 Corte a laser

A primeira opção proposta para o processamento do escudo facial foi o corte a laser, por ser um avançado processo tecnológico para corte térmico, que possui como principais vantagens (BAPTISTA et al., 2016, p. 03):

- Alta precisão;

- Excelente qualidade da superfície cortada;
- Níveis mínimos de deformação, emissões de fumos e ruídos;
- Mínima Zona Termicamente Afetada (ZTA);
- Sangria estreita (Kerf), reduzindo perda de material;
- Alta velocidade de corte;
- Extrema versatilidade ao processar diferentes materiais;
- Sistema automatizado que possibilita o corte de figuras geométricas complexas;

Além dos pontos citados, foi possível observar, durante os testes de produção dos protótipos do escudo facial, os seguintes aspectos:

- Não contamina o polímero, dispensando a esterilização prévia do escudo para o uso;
- Permite o corte com a película protetora do polímero, que aumenta sua proteção contra contaminantes.

Os testes de produção evidenciaram, como principal desvantagem do processo de corte a laser, o tempo demandado para o corte de cada escudo. O conjunto completo do escudo facial, composto por 4 peças, exigiu 2 minutos e 33 segundos para ser finalizado. Este tempo é consideravelmente superior ao do corte com faca gráfica, mas além do melhor acabamento proporcionado pelo laser, o tempo de impressão em 3D dos arcos para escudos faciais desenvolvidos em alguns projetos apontados por Silva, Pichler e Garcia (2022) variou de 2 horas e 15 minutos a 46 minutos por unidade.

4.2.2 Faca de corte gráfica

Para permitir a difusão do produto em termos produtivos, planejou-se também sua produção com o emprego da faca gráfica. Processo mais difundido, barato e rápido, porém, com menor controle do acabamento final do produto e com demanda de esterilização do escudo facial antes do primeiro uso.

O processo de corte e vinco consiste em utilizar um tipo de faca moldada em uma matriz de madeira. As facas são produzidas de aço e podem-se utilizar lâminas de corte, com bordas afiadas, ou lâminas de vinco, com bordas cegas. O corte do material é feito sob pressão em máquinas específicas que podem ser manuais ou automáticas (KONRATH, 2018).

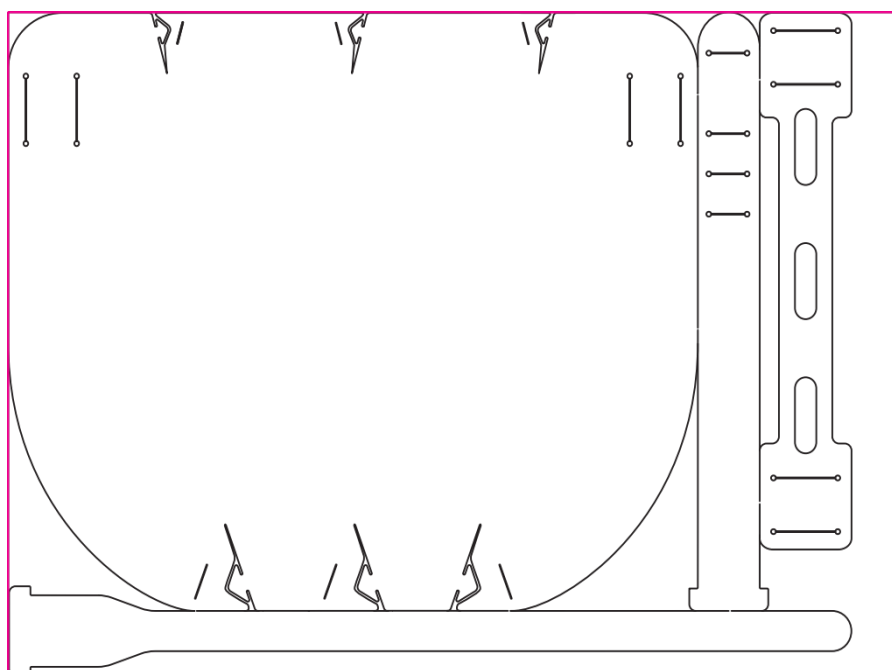
4.3 Logística

O acondicionamento foi planejado para ser realizado com o produto desmontado em embalagem unitária polimérica [PEBD – Poli (etileno de baixa densidade)] e fechada a quente. Inserida na embalagem, impressas em papel, as orientações sobre o produto, tipo de material,

procedimentos de uso e descarte, entre outros aspectos exigidos pelos marcos regulatórios. Os conjuntos foram planejados para serem encaixotados e paletizados.

Um dos objetivos foi manter a dimensão máxima do produto dentro do formato gráfico A3 (420x297mm), uma vez que facilitaria o processamento por corte com facas gráficas e, também, em toda a cadeia logística existente (inclusive serviços postais) para transporte de papel neste formato (Figura 4).

Figura 4 – Ajuste do conjunto do escudo facial dentro do formato gráfico A3.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

O volume ocupado no acondicionamento e transporte apresenta os seguintes dados:

- Produto unitário: folha de polímero destacável com 420mm x 297mm x 0,5mm;
- Aproximadamente 500 unidades ocupam um volume de 420mm x 297mm x 250mm, equivalente a 31.184cm³ ou 0,03m³;
- Aproximadamente 4.000 máscaras por metro cúbico (4.000 unidades/m³).

Em um *container* com 20 pés e capacidade de 33,2m³ (TRADEWORKS, 2018), seria possível transportar aproximadamente 132.000 unidades do escudo facial. Com tal solução é possível distribuir e armazenar relevante quantidade do produto sem comprometer o espaço nas instituições de apoio à saúde ou em empresas de grande porte.

4.4 Manuseio

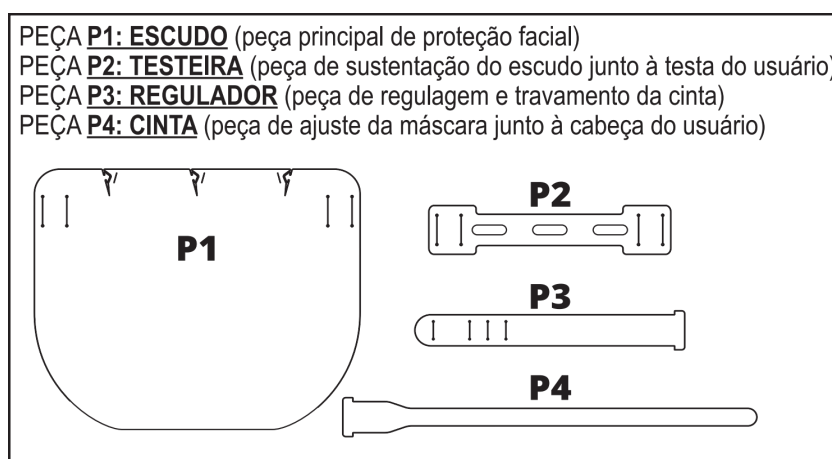
A montagem do escudo facial é realizada manualmente pelos usuários. Além de contribuir junto ao processo de logística, embalar o produto desmontado otimiza também o processo de

esterilização junto à produção. Esse aspecto se deve à ausência de reentrâncias e sobreposição de camadas de materiais e peças no momento da montagem dos produtos convencionais. Tal fato permite a esterilização integral das superfícies de cada peça.

4.4.1 Montagem

O produto é constituído por quatro elementos, sendo um escudo de proteção facial (P1) e três elementos que compõem a faixa de suporte e ajuste junto à cabeça: uma testeira (P2), um regulador (P3) e uma cinta (P4), como ilustrado na figura 5.

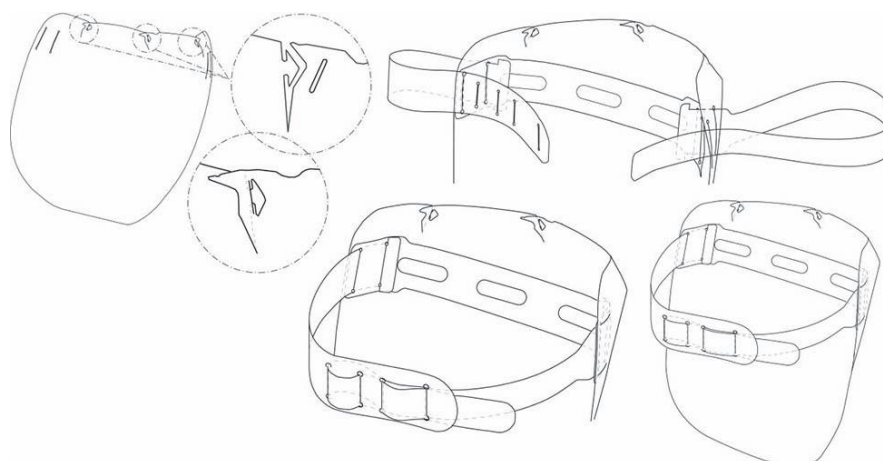
Figura 5 – Peças do conjunto que compõem o escudo facial.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Para a montagem, foram propostos encaixes simples, sendo três em formato de seta para a estruturação do escudo, quatro encaixes em formato de corte reto no escudo e quatro na testeira para a junção e travamento através da passagem do regulador e da cinta (Figura 6).

Figura 6 – Representação da montagem do escudo facial.



Fonte: Acervo dos autores (2023).

O ajuste junto à cabeça do usuário é realizado através de encaixes nas duas faixas laterais, sem a necessidade de fivelas e sem o uso de elásticos, que foi uma das principais reclamações dos usuários, já que a tensão causada por eles era um dos fatores de maior incômodo.

4.4.2 Uso e assepsia

O uso deve ser feito de forma convencional, posicionando o escudo facial e ajustando as faixas junto à circunferência da cabeça dos respectivos usuários. Pequenos ajustes podem ser realizados através do posicionamento da faixa na cabeça.

Para a desinfecção química e reuso do produto, basta o usuário desmontá-lo, proceder com os protocolos de desinfecção segundo ANVISA (2012 – norma RDC15/2012: Cap. II e Seção VIII) e remontá-lo. O fato do produto se configurar de forma planificável contribui também para desinfecção e reutilização segura.

4.5 Destinação final

Parte relevante no desenvolvimento do projeto foi, também, o planejamento para a destinação final do produto, já que os resíduos de serviços de saúde (RSS) devem receber tratamento especial conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022). Assim, foi dada atenção especial à desmontagem do escudo facial com a intenção de reduzir o volume de resíduo gerado.

4.5.1 Desmontagem e descarte

A desmontagem é feita desencaixando os elementos que estruturam o escudo. Desmontar o produto justifica-se pela redução do volume descartado e otimização da coleta, que no caso de instituições de atendimento médico-hospitalar, exigem um serviço especializado, diferente da coleta domiciliar ou industrial.

Vantajosas para a esterilização durante o uso, a composição monomaterial e a planificação sem sobreposição de peças se mostram úteis também ao descarte, já que “a disposição final dos RSS só deve acontecer após o processo de tratamento, com os materiais já descontaminados sendo dispostos em aterros sanitários” (BRASIL, 2022, p. 95).

Mesmo entendendo que na realidade brasileira muitos RSS sejam encaminhados contaminados para a disposição final (BRASIL, 2022), e ainda que os polímeros indicados para a produção do escudo facial sejam recicláveis e o projeto tenha como vantagem a facilidade para sua descontaminação, a reciclagem do produto após o uso não é permitida, conforme determinado pelo Ministério da Saúde.

O Manual de Gerenciamento de Resíduos de Saúde (BRASIL, 2001), classifica o escudo facial no grupo A, composto por resíduos que apresentam risco potencial à saúde e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos. E, conforme previsto na Resolução CONAMA nº 5 em seu artigo 11, “§ 2º - após tratamento, os resíduos sólidos pertencentes ao grupo ‘A’

serão considerados 'resíduos comuns' (grupo 'D'). Para fins de disposição final; § 3º - os resíduos sólidos pertencentes ao grupo 'A' não poderão ser reciclados" (BRASIL, 1993, p. 594). Mesmo sendo proibida sua reciclagem, o produto atende aos requisitos de esterilização previstos para os RSS pertencentes ao grupo A.

5. Conclusões

Ao final do desenvolvimento do produto, o escudo facial TEZ, em meio aos desafios projetuais, sociais e tecnológicos, rendeu, como resultado acadêmico-tecnológico, três depósitos junto ao INPI, estando o produto e sua marca devidamente registrados sob os números BR2020200107467 (modelo de utilidade), BR302020002259-9 (desenho industrial) e 919761836 (marca registrada).

Dentre os desafios projetuais ao longo do desenvolvimento do protetor, destacaram-se (i) a escassez de matéria-prima para confecção dos protótipos; (ii) a redução na flexibilidade logística devido à saída de prestadores de serviços do mercado, impactando também na produção dos protótipos; e (iii) a dificuldade para realização dos testes em plena pandemia, que exigiram cuidados e boa-vontade dos usuários além do convencionalmente dispensados em projetos cotidianos.

Com a diminuição de novos casos de COVID-19 em 2021, a demanda pelos equipamentos de saúde caiu consideravelmente. Mesmo assim, a experiência acumulada no desenvolvimento do projeto e os registros realizados serviram como marco da importante contribuição acadêmica num contexto sem precedentes e sem procedimentos pré-determinados para atuação dos pesquisadores.

Deste modo, o registro desta experiência proporciona a oportunidade de compartilhar um caminho para o desenvolvimento de trabalhos que venham a ser desenvolvidos em cenários semelhantes, onde a racionalização de recursos, a otimização de processos, a melhoria de aspectos ergonômicos, econômicos e a proposição de inovações sejam a resposta do Design para os diferentes problemas que se apresentem.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PROQUALI da UFJF pela bolsa de capacitação.

6. Referências Bibliográficas

ACIOLY, Angélica de Souza Galdino; SENA, Júlia Pires Coelho de; GALDINO, João Lucas de Souza. O papel das embalagens de equipamentos de proteção individual na prevenção e controle da COVID-19: uma análise de embalagens de máscaras de proteção. In: Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia, Campina Grande, 7 a 10 mar. 2022. **Anais do 18º Ergodesign**. Campina Grande: UFMA, 2022. p. 1-16.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC Nº 15**, de 15 de março de 2012. ANVISA, Ministério da Saúde - MS, Governo Federal, Brasil, 2012. Edição: 56-C, Seção: 1 –

Extra, Página: 5, Publicado em: 15/03/2012. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html, 2012.
Acesso em: 31 mar. 2020.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução – RDC Nº 356**, de 23 de março de 2020. ANVISA, Ministério da Saúde - MS, Governo Federal, Brasil, 2020. Edição: 56-C, Seção: 1 – Extra, Página: 5, Publicado em: 23 mar. 2020. Disponível em:
<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-356-de-23-de-marco-de-2020-249317437>, 2020. Acesso em: 31 mar. 2020.

ARMILLO, Priscila R.; MARKIN, Nicholas W.; NGUYEN, Scott; HO, Dao H.; HORSEMAN, Timothy S.; LISCO, Steven J.; SCHILLER, Alicia M. 3D printing of face shields to meet the immediate need for PPE in an anesthesiology department during the COVID-19 pandemic. **American Journal of Infection Control** – AJIC, v. 49, n. 3, p. 302-308, mar. 2021. Disponível em:
[https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553\(20\)30762-8/fulltext](https://www.ajicjournal.org/article/S0196-6553(20)30762-8/fulltext), 2020. Acesso em: 15 nov. 2022.

BAPTISTA, Janaína; BARRIONUEVO, Juliana; SPOLADOR, Pedro; CALDAS, Vitória. **Processo de fabricação: corte a laser e corte a água**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2014, 27p. Disponível em: http://www.exatas.ufpr.br/portal/degref_marcio/wp-content/uploads/sites/13/2014/09/DM-Corte-Lase-e-Agua.pdf, 2014. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Covid-19: falta de EPIs para trabalhadores e trabalhadoras essenciais preocupa CNS**. Brasília: MS, 29 mai. 2020. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/ultimas-noticias-cns/1205-covid-19-falta-de-epis-para-trabalhadores-e-trabalhadoras-essenciais-preocupa-cns#:~:text=De%20acordo%20com%20o%20levantamento,n%C3%A3o%20est%C3%A3o%20rec ebendo%20EPIs%20suficientes.>, 2020. Acesso em: 09 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Executiva. Projeto Reforço à Reorganização do Sistema Único de Saúde (REFORSUS). **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília: MS, 2001. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/Manual_RSS_Parte1.pdf, 2001. Acesso em: 9 out. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama Nº 005, de 05 de agosto de 1993**. Brasília, DF: MMA, 1993. Disponível em:
http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=130, 1993. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: MMA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf, 2022. Acesso em: 09 nov. 2022.

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **10 iniciativas de colaboração entre empresas no combate à Covid-19**. Rio de Janeiro, FIRJAN, 25 jun. 2020. Disponível em:
<https://casafirjan.com.br/pensamento/ambientes-de-inovacao/10-iniciativas-de-colaboracao-entre-empresas-no-combate-covid-19>, 2020. Acesso em: 17 nov. 2022.

GOMES, Guilherme. Sesi-DF e Senai-DF produzem máscaras de proteção com impressora 3D. **Jornal de Brasília**, mar. 2020. Disponível em: <http://jornaldebrasil.com.br/brasil/sesi-df-e-senai-df-produzem-mascaras-de-protecao-com-impressora-3d>, 2020. Acesso em: 19 nov. 2022.

ISEA - International Safety Equipment Association. **ISEA Z87.62-2021 American National Standard for Occupational and Educational Eye and Face Protection Devices for Preventing Exposures Caused by Sprays or Spurts of Blood or Body Fluids**. STANDARD by International Safety Equipment Association, 07/06/2021. Disponível em: https://www.techstreet.com/standards/isea-z87-62-2021?product_id=2229490, 2021. Acesso em: 9 jan. 2023.

KONRATH, Christian et al. Desenvolvimento do processo para fabricação de facas de corte e vinco em uma Indústria Gráfica. In.: **Anais do SIGEPRO: Simpósio Gaúcho de Engenharia de Produção**, Porto Alegre, Brasil, EVEN3, ISSN: 2595-9530, publicado em: 17/12/2018. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/126048.pdf>, 2018. Acesso em: 31 mar. 2020.

MANO, Eloisa Biasotto. **Polímeros como materiais de engenharia**. 2ª reimpr., São Paulo, Brasil, Edgard Blücher. 2000.

OSHA – Occupational Safety and Health Administration. **Standard Number 1910.1030 - Bloodborne pathogens**. United States Department of Labor, 84 FR21598, May, 2019. Disponível em: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1030>, 2019. Acesso em: 9 mai. 2022.

ROBERGE, Raymond J., Face shields for infection control: A review. J Occup Environ Hyg. Author manuscript. In: **PMC 2017**, Jan 1. Published in final edited form as: J Occup Environ Hyg. 2016; 13(4): 235–242. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1095302>, 2016. Acesso em: 31 mar. 2020.

SANTANA, Leonardo; ALVES, Jorge Lino; NETTO, Aurélio da Costa Sabino; MERLINI, Claudia. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. In.: **Revista Matéria**, ISSN 1517-7076, artigo e-12267, v. 23, n. 4, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rmat/v23n4/1517-7076-rmat-23-4-e12267.pdf>, 2018. Acesso em: 31 mar. 2020.

SILVA, Hércules Manoel Monteiro; PICHLER, Rosimeri Franck; GARCIA, Lucas José. Protetores faciais por impressão 3D: aliando usabilidade e eficiência de produção em meio à pandemia da Covid-19. In: Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia, Campina Grande, 7 a 10 mar. 2022. **Anais do 18º Ergodesign**. Campina Grande: UFMA, 2022. p. 1-16.

TRADEWORKS. **Especificação de containers**. Tradework Serviços de Comércio Exterior LTDA, agente de carga certificado Receita Federal do Brasil - RFB n. 265, Programa Brasileiro de Operador Econômico Autorizado - OEA, 2018. Disponível em: <https://www.tradeworks.com.br/wp-content/uploads/2018/05/Especific%C3%A7%C3%B5es-de-Containers-Tradeworks.pdf>, 2018. Acesso em: 31 mar. 2020.

UFJF-a. UFJF solicita patente de protetor facial com design inovador e sustentável. **UFJF Notícias**. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/noticias/2020/06/16/ufjf-solicita-patente-de-protetor-facial-com-design-inovador-e-sustentavel/>, 2020. Acesso em: 27 nov. 2022.

UFJF-b. Pesquisadores desenvolvem viseira de proteção contra coronavírus. **UFJF Notícias**. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/noticias/2020/03/30/pesquisadores-desenvolvem-viseira-de-protecao-contracoronavirus>, 2020. Acesso em: 20 dez. 2022.