

# Desenvolvimento de um projeto Centrado no Humano no contexto da Pandemia: Laringoscópio descartável com câmera

*Development of a Human-Centered Project in the Context of Pandemic:  
Disposable Laryngoscope with Camera*

MERINO, Eugenio A. D.; Dr.; Universidade Federal de Santa Catarina

eugenio.merino@ufsc.br

COSTA, Diogo P.; MSc.; Universidade Federal de Santa Catarina

diogopontes102@gmail.com

GIRACCA, Cesar N.; MSc.; Universidade Federal de Santa Catarina

eng.giracca@gmail.com

MERINO, Giselle S. A. D.; Dra.; Universidade Estadual de Santa Catarina;

Universidade Federal de Santa Catarina; gisellemerino@gmail.com

A pandemia da COVID-19 afetou de forma direta a segurança dos profissionais da saúde que atuam na linha de frente, os colocando como grupo de risco, devido à alta taxa de transmissão, exposição diária a pacientes contaminados e escassez de equipamentos de proteção. Desenvolver um laringoscópio descartável com câmera e reprodução da imagem em dispositivo móveis, tendo como principal característica uma abordagem do Design Centrado no Humano foi o objetivo deste trabalho. O Processo foi dividido em duas etapas: Suporte teórico e Desenvolvimento das soluções. Como resultado, o laringoscópio atendeu as especificações determinadas pelos Profissionais da Saúde, proporcionando segurança, conforto e precisão do procedimento, possibilitando a postura corporal adequada durante a intubação e aumentou a distância do paciente, diminuindo os riscos de contágio. Conclui-se que o desenvolvimento do projeto centrado no ser humano, associada ao uso de tecnologias de criação e materialização, permite propor soluções viáveis, ágeis e compatíveis as necessidades reais dos usuários.

**Palavras-chave:** COVID-19; Laringoscópio; Design Centrado no Humano.

*The pandemic of COVID-19 has directly affected the safety of front-line healthcare workers, placing them as a risk group due to the high transmission rate, daily exposure to contaminated patients, and scarcity of protective equipment. To develop a disposable laryngoscope with an inspection camera and image reproduction on a mobile device, having as*

*main feature a Human-Centered Design approach was the aims of this research. The process was divided into two steps: theoretical support and solution development. As a result, the laryngoscope met the specifications determined by the Healthcare Professionals, providing safety, comfort, and accuracy of the procedure, enabling proper body posture during intubation, and increased distance from the patient, decreasing the risk of contagion. We conclude that the development of the project centered on the human being, associated with the use of creation and materialization technologies, allows to propose viable, agile and compatible solutions to the real needs of the users.*

**Keywords:** COVID-19; Laryngoscope; Human-Centered Design.

## 1 Introdução

A pandemia da COVID-19 impôs demandas inesperadas à sociedade, desde a reorganização do sistema de trânsito das pessoas e dos produtos ao planejamento de contingência para provisionamento ou reprocessamento de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), os quais são utilizados para proteção entre os Profissionais de Saúde (PS) e o vírus que pode ser expelido pelos Pacientes, e deve ser usado pela equipe do hospital, principalmente durante situações graves como uma pandemia (GARRIGOU et al., 2020).

Foi constatado pela WHO (2020), já nos primeiros meses da pandemia, que o estoque global de equipamentos era insuficiente, principalmente para os EPIs, tanto para os profissionais da saúde, como para os demais cidadãos. Neste cenário, foi possível observar que houveram muitas iniciativas privadas e públicas para diminuir as dificuldades de acesso aos EPIs, desde o desenvolvimento a produção e entrega de protetores faciais, ventiladores mecânicos, caixas de intubação, laringoscópios (BIANCO et al., 2021; NAZIR et al., 2021; CELIK et al., 2020; PAGNAN et al., 2020; KING et al., 2020; ALRASHOUDI, 2021; SPAKE et al., 2021; COSTA et al., 2021; MERINO et al., 2021), entre outros.

Devido o futuro de incertezas quanto a pandemia e sua abrangência, houve um engajamento de todos os setores na busca de soluções ágeis, segura, eficientes e viáveis, dentro de um espaço temporal reduzido. Porém desenvolver produto para área da saúde demanda pesquisas e conhecimento teórico e prático, principalmente pelo fato de estarem diretamente relacionadas a preservação da vida de uma pessoa, por isso, projetar com a participação direta do PS, os quais conhecem o contexto e as dificuldades enfrentadas diariamente, são cruciais para atender as necessidades reais dos usuários.

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver um **laringoscópio descartável com câmera para visualização da laringe do paciente, por meio da tela de dispositivos móveis, tendo como principal característica a abordagem centrada no ser humano.**

Esse projeto se apresentou como uma solução necessária, pois o Laringoscópio é um equipamento que auxilia na intubação direta do paciente com a COVID-19, onde os PS (especificamente os médicos anestesiologistas) posiciona a lâmina do laringoscópio nas vias aéreas do paciente e a desloca para permitir uma melhor visualização da entrada da laringe e para guiar o tubo endotraqueal em direção à entrada da laringe.

Quando associado a uma câmera, acredita-se que execução da técnica é mais precisa, pois o PS consegue visualizar o trajeto da lâmina e as regiões internas do paciente, facilitando a realização das manobras. Além disso, quando a reprodução da imagem é realizada, por meio de telas de dispositivos móveis, os riscos de contaminação do profissional de saúde tendem a diminuir, pois a distância entre o profissional da saúde e o paciente é prolongado.

Com relação ao uso da abordagem centrada nas necessidades humanas (DCH), neste projeto foi imprescindível, pois de acordo com Adam et al. (2020), pode apoiar intervenções complexas do sistema de saúde, navegando em problemas de implementação que muitas vezes atrapalham o desenvolvimento do projeto.

## 2 Procedimentos Metodológicos

Esta pesquisa se caracteriza como aplicada, no momento que pretende gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos, e verdades e interesses locais. Quanto a abordagem do problema, é caracterizada como qualitativa, pois considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito. Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa é descritiva. Com relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa se caracteriza como pesquisa bibliográfica e experimental (SILVA; MENEZES, 2005). A pesquisa foi dividida em duas etapas: Etapa 1 – Suporte teórico e Etapa 2 – Desenvolvimento do projeto, conforme descrito na Figura 1.

Figura 1 - Procedimentos Metodológicos



Fonte: Elaborado pelos autores

Para organizar e sistematizar os procedimentos adotados, foi utilizado o Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP).

O GODP é um procedimento metodológico desenvolvido por MERINO (2016), o qual foi configurado em três grandes momentos, conforme indicados por Brown (2009), onde propõe que durante a prática projetual uma equipe de Design deveria passar por três momentos no desenvolvimento de um projeto:

**1º. Inspiração:** coleta de informações de todas as fontes possíveis;

**2º. Ideação:** as informações são transformadas em ideias; e,

**3º. Implementação:** as melhores ideias materializadas.

Esses três momentos, foram divididos em configurado por oito etapas Inspiração (etapas -1/0/1), Ideação3 (etapas 2/ 3) e Implementação (etapas 4/5/6), conforme se pode observar na Figura 2.

Figura 2 - Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos



Fonte: Merino, 2016

Na etapa de Oportunidade (-1), foi identificado o problema e a oportunidade de projeto pelos profissionais da saúde do Centro Cirúrgico do HU-UFCSC. Na etapa de Prospecção (0), foram realizadas buscas em três bases de proteção intelectual - nacional e internacional (INPI, ESPACENTE, WIPO), a análise de viabilidade e objetivo do projeto, e a definição dos Blocos de Referência do Produto, Usuário e Contexto. Na etapa de Levantamento de Dados (1), foram realizadas reuniões com os profissionais da saúde; pesquisas de artigos publicados em periódicos científicos e anais de congresso; sites especializados, normas e diretrizes regulamentadoras, tanto sobre o produto como a execução da técnica da Laringoscopia.

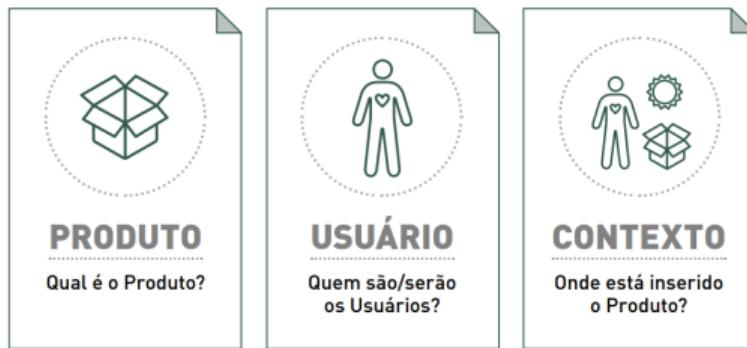
Na etapa de Organização e análise de dados (2), foi realizada a organização e categorização das patentes encontradas, na sequencia foi realizada a Análise Sincrônica de três modelos de referência, identificando as principais características, vantagens e desvantagens. Em seguida, as informações foram analisadas e gerado os Requisitos Projetuais, divididos conforme os Blocos de Referência do Produto, Usuário e Contexto. Então, foi iniciada a etapa de Criação (3), onde foram geradas as alternativas, utilizando as técnicas de criatividade Brainstorming e Análise de Similares, para definição da alternativa foi realizada uma avaliação entre os participantes do projeto, tomando como referência os Requisitos Projetuais. Posteriormente, foi

desenvolvido o modelo virtual, com auxílio do *software CAD Rhinoceros (Computer Aided Design)*.

Na sequência, foi iniciada a etapa de Execução (4) com a análise e ajustes dos parâmetros para do modelo virtual no *software CAM 3DPrinterOS (computer-aided manufacturing)*. Na etapa de Viabilização (5), foi selecionado o material do produto, ajustados os parâmetros na Impressora 3D e se iniciou a materialização. Após extração do produto da impressora, foram realizados os procedimentos de higienização e montagem do produto, para então, ser testado pelos usuários. Nesse teste, identificou-se quatro ajustes necessários para melhorar o uso do produto, os quais foram realizados, e na sequência, entregue novas versões do Laringoscópio, considerando as indicações dos usuários. Por fim, na etapa de Verificação Final (6), foram realizados o detalhamento técnico e o documento para depósito no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Os Blocos de Referência com informações específicas para o Produto, Usuário e Contexto foram utilizados para auxiliar na organização dos dados coletados (FIGURA 3). Com essa divisão é possível definir as técnicas e ferramentas utilizadas durante o desenvolvimento do projeto, bem como gerações de alternativas preliminares e protótipos no sentido de se chegar na alternativa que atende aos requisitos do projeto (MERINO, 2016).

Figura 3 - Blocos de Referência PUC



Fonte: Merino, 2016

Foram utilizados os seguintes *softwares*, recursos e equipamentos tecnológicos, para que isso ocorresse de forma ágil (Tabela 1).

Tabela 1 - Recursos Utilizados

<b>SOFTWARE</b>	<b>FINALIDADE</b>
Rhinoceros 3D / SolidWorks (CAD)	Desenvolver a Modelagem Matemática Tridimensional; gerar o arquivo *STL; e, elaborar o Desenho Técnico.
3DprinterOs (CAM)	Preparar o arquivo *STL para impressão tridimensional; Gerar arquivo *GCode.
SeeEar	Reproduzir a imagem da câmera;

Illustrator	Diagramar e ajustar as pranchas, imagens, tabelas, etc.
WhatsApp	Manter a comunicação entre os envolvidos no Projeto.
Microsoft Word	Organizar e documentar os documentos e relatórios técnicos; Preenchimento do formulário para registro no INPI.
MATERIAIS e/ou EQUIPAMENTOS	FINALIDADE
Equipamentos de Proteção Individual	Proteger as pessoas envolvidas no Projeto.
Materiais de Desenho	Desenhar as alternativas do projeto.
Câmera fotográfica	Registrar as imagens e vídeos do projeto.
Câmera	Capturar e transmitir a região de interesse.
Impressora 3D	Materializar o produto a partir do arquivo *Gcode
Filamento ácido polilático (PLA) e ácido poliático super touch (PLA ST)	Utilizar como material para materialização do laringoscópio.
Equipamentos para corte e acabamento	Realizar o procedimento de cortes e acabamento pós-materialização.
Quadro de Vidro	Auxiliar nas anotações diárias e reuniões.

Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3 Suporte Teórico - Projeto Centrado no Humano

O Design Centrado no Humano (DCH) é compreendido como uma abordagem para o desenvolvimento de sistemas interativos, que visa tornar os sistemas utilizáveis e úteis, concentrando-se nos usuários, em suas necessidades e requisitos e aplicando fatores humanos/ergonomia e conhecimentos e técnicas de usabilidade. Essa abordagem aumenta a eficácia e a eficiência, melhora o bem-estar humano, a satisfação do usuário, a acessibilidade e a sustentabilidade; e neutraliza possíveis efeitos adversos do uso na saúde humana, segurança e desempenho além disso forneceu requisitos e recomendações para princípios e atividades de DCH ao longo do ciclo de vida dos sistemas interativos baseados em computador, além de outras contribuições (ISO, 2019).

O DCH é uma abordagem para a resolução de problemas, onde o Processo é sistematizado para leva à aprendizagem direta com as Pessoas, abrindo-se a uma gama de possibilidades criativas, e posteriormente se concentrando no que é mais desejável, viável, e viável para àquelas Pessoas que se está projetando (IDEO, 2015). Norman (2002) define o DCH como uma abordagem baseada nas necessidades e interesses do usuário, que dê atenção especial à questão de fazer produtos comprehensíveis e de fácil de usar, em outras palavras que o usuário possa descobrir o que fazer e que tenha condições de saber o que está acontecendo.

Além de focar nas necessidades dos usuários, o design também considera questões como tecnologia, recursos disponíveis e requisitos de negócios, o que garante que as soluções propostas sejam desejáveis e viáveis (BROWN; WYATT, 2010).

Com relação ao envolvimento do usuário no projeto, Best (2012) entende que esse é um recurso para a geração de novos produtos e serviços, podendo levar à adaptação de produtos existentes ou à criação de novas oportunidades, onde as necessidades pessoais passam a ser a motivação, por trás do design e podem fundamentar suas ideias. Com relação ao envolvimento do usuário no processo de design, Abras et al (2014) entendem que o DCH é baseado na premissa de que os usuários devem estar envolvidos em todas as etapas do processo de desenvolvimento, seja de forma superficial ou aprofundada.

O desenvolvimento de projetos centrado no humano, tem como objetivo principal o aumento da aceitabilidade e uso dos produtos, a partir do atendimento às necessidades, desejos e requisitos dos usuários e das demais Pessoas envolvidas (*stakeholders*), como por exemplo: os clientes, projetistas, gestores (MOZOTA; VALADE-AMLAND, 2020; NIELSEN, 1993).

O resultado de um Projeto de Design pode ser visto nos produtos, serviços, interiores, edifícios e processos de *software* com os quais entramos em contato diariamente. No entanto, a prática projetual necessita Processos e Procedimentos organizados e sistematizados, uma vez que o desenvolvimento de um novo produto/serviço é uma tarefa complexa, da qual requer pesquisa, planejamento e controle dos processos e procedimentos (BEST, 2011; BAXTER, 2011; BEST, 2012).

#### 4 Desenvolvimento

Foi desenvolvido um projeto de produto para auxiliar os profissionais da saúde no combate a COVID-19, sendo: Laringoscópio descartável. Nesse projeto, houve a participação de profissionais (e pesquisadores) do Design e da Engenharia, vinculados aos programas de pós graduação em Design e Engenharia da Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e profissionais da Saúde, do Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago da UFSC (HU/UFSC).

##### 4.1 Processo de Desenvolvimento do Projeto: Laringoscópio

No Primeiro Momento de Inspiração, que envolveu as etapas de oportunidade (-1), prospecção (0) e Levantamento de Dados (1), ocorreu a análise da viabilidade do projeto e a coleta de todas as informações de diferentes fontes.

A **etapa de oportunidades (-1)**, foi considerar a partir da identificação dos problemas pelos PS que estavam inseridos no contexto de combate ao COVID-19, uma vez que havia a dificuldade de adquirir os produtos, devido ao alto custo e escassez no mercado, e os que tinham disponíveis, não proporcionavam um distanciamento adequado do paciente e/ou não tinham o dimensionamento satisfatório para execução da laringoscopia, aumentando assim, o risco de contaminação do PS.

Com isso, foi identificado a oportunidade e, iniciada a **etapa de prospecção (0)**, onde foram definidos os objetivos do projeto, sendo o desenvolvimento de um

**laringoscópio descartável com câmera para visualização da laringe do paciente, por meio da tela de dispositivos móveis, tendo como principal característica a abordagem centrada no ser humano.**

Para identificar a viabilidade legal e técnica do projeto, foram realizadas busca nos institutos de propriedade intelectual nacional e internacional, sendo: Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) do Brasil, no Espacenet, e no *World Intellectual Property Organization* (WIPO), entre os dias 10 e 27 de setembro de 2020, onde foram identificados 41 registros, sendo 22 no Espacenet, 10 do WIPO e 09 do INPI. No entanto 05 registros estavam duplicados, ou seja, foram depositadas em mais de uma base de registro de patentes, os quais foram excluídos da análise, totalizando 36 registros, dos quais possuem distinções técnicas do objetivo proposto no projeto e serão apresentados na Etapa 2 (organização e análise).

Também houve a análise da viabilidade de desenvolvimento do projeto, com intuito de identificar os recursos humanos e tecnológicos (*software* e equipamentos), mínimos disponíveis para o desenvolvimento de produto, no Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD/LDU), vinculado à UFSC.

Com isso, foi possível definir os Blocos de Referência do Projeto, onde o Produto foi o Laringoscópio; o Usuário primário é o Profissional da Saúde; e o Contexto: centro cirúrgicos do HU-SC (Figura 4).

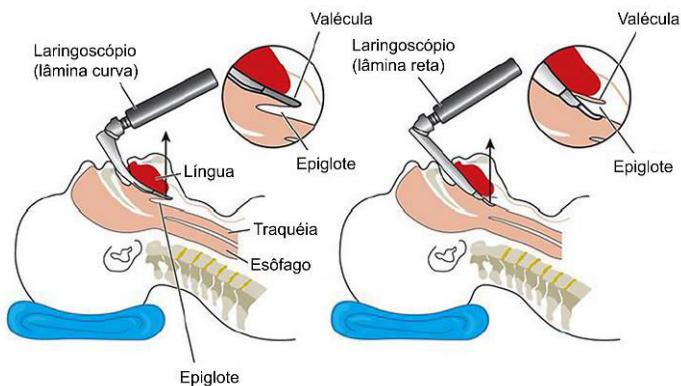
Figura 4 - Definição do Bloco PUC



Fonte: Elaborado pelos autores

O Laringoscópio é um equipamento, composto por um cabo, uma lâmina (curva ou reta) e uma fonte de luz, o qual é utilizado por médicos durante a Intubação Traqueal (IOT), permitindo que seja visualizado o trajeto do tubo endotraqueal conforme ele passa pela glote em direção à traqueia (FIGURA 5). Alguns laringoscópios também são fornecidos com dispositivos de visualização, seja por câmaras ou fibra ótica e o uso deste equipamento provoca uma força sobre a língua e os demais corpos moles do paciente, originando variações em determinados parâmetros como ritmo cardíaco, pressão arterial, entre outro (SILVA, 2010; BRUNA et al., 2016; ERDIVANLI et al., 2018).

Figura 5 Técnica da IOT e Laringoscopia



Fonte: Costa (2017)

Com relação ao Usuário, há uma subdivisão entre Direto e Indireto, onde o PS é o usuário direto, ou seja, aquele que utiliza o produto, e o Paciente como usuário indireto, pois é aquele que se beneficia do uso do produto.

Já o contexto, foi definido o Centro Cirúrgico do HU/UFSC, onde são administradas as anestesias e é considerada um dos locais mais complexos, pois possui equipamentos e tecnologias que necessitam de alto controle organizacional e logístico, além do adequado gerenciamento administrativo para o seu funcionamento (COSTA, 2006; GARCIA, 2011; NUNES, 2011).

Posteriormente, foi definida a Equipe do Projeto (EP), sendo composta por 03 designers, 01 engenheiro e 04 profissionais da saúde, configurando uma equipe interprofissional, além da definição dos recursos tecnológicos e os prazos de execução.

Na etapa de **Levantamento de Dados (1)**, foram realizadas as pesquisas em periódicos, bases de proteção intelectual, sites especializados, normas e diretrizes para a execução da IOT e da laringoscopia, além das reuniões com os PS, os quais possibilitaram um melhor entendimento das suas necessidades. Os principais dados levantados, estão sintetizados na Etapa 2 (organização e análise).

Com relação à IOT consiste na colocação de um tubo dentro da traqueia por via oral e visa reverter a hipoxemia, assegurar livre acesso traqueal, atenuar o risco de aspiração de conteúdo gástrico, facilitar a aspiração traqueal, auxiliar a ventilação sob pressão positiva e manter a oxigenação adequada, sendo um procedimento que exige precisão e agilidade (ANDRADE et al., 2018; GONZÁLEZ et al., 2018; MENG et al., 2020).

Para que isso ocorra, é necessário que o PS realize os procedimentos de higienização dos equipamentos, pessoal e do ambiente; montagem, calibração e teste dos equipamentos; manipulação do paciente; comprimir o sistema de ventilação sob a face com a mão esquerda (os dedos indicador e polegar e os outros dedos suspendem a mandíbula); comprimir o balão do sistema com a mão direita; introduzir a lâmina do laringoscópio pelo lado direito a boca deslocando a língua para a esquerda; entre outros (COSTA, 2016; FARACO, 2017).

No entanto, algumas dificuldades são encontradas durante a intubação, devido a variações congênitas da anatomia da cavidade bucal, das vias aéreas superiores de cada indivíduo, entre outros aspectos, por isso, é necessário o uso do Laringoscópio para facilitar o manejo da via aérea e apoiar na inserção do tubo endotraqueal (MATSUMOTO et al., 2007; GÓMEZ-RÍOS et al., 2016; FARACO, 2017; CFM, 2017).

Com relação à execução da técnica da laringoscopia, sabe-se que é executada por médicos anestesiologistas para observação da laringe e realização da ventilação do paciente (SILVA, 2010).

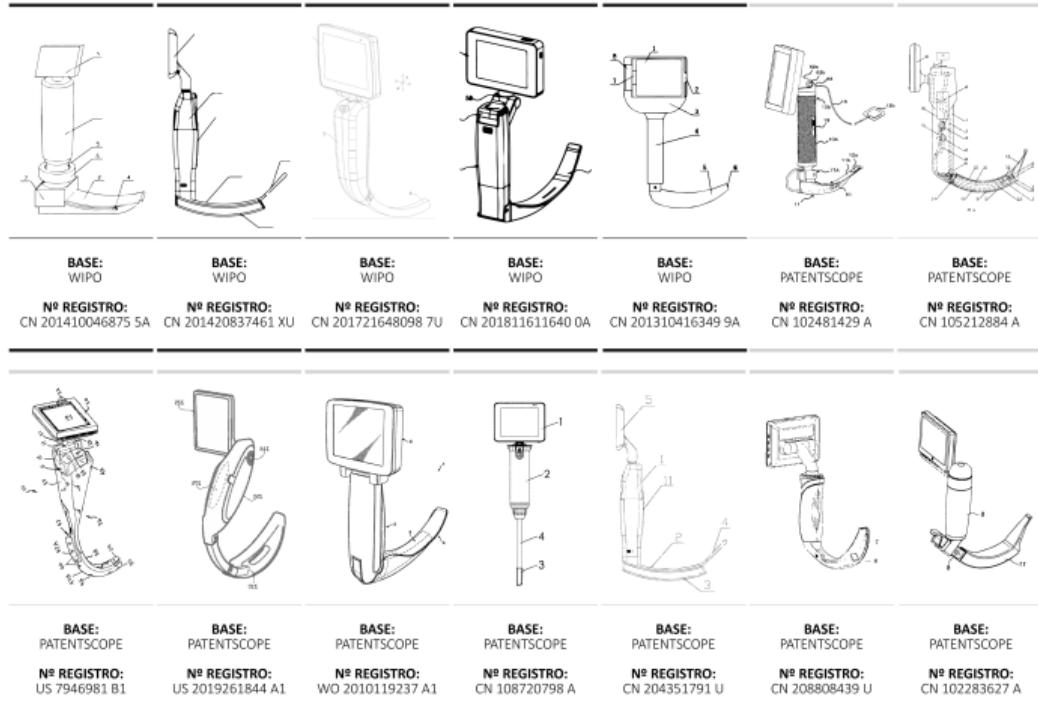
A partir dessas informações, foi iniciado o Segundo Momento de Ideação. Na **etapa de Organização e Análise (2)**, primeiramente foi realizada a organização e categorização dos 36 registros identificados na busca de patentes, em quatro grupos, sendo:

- Grupo A - possui câmera e tela de visualização no próprio Laringoscópio (FIGURA 6).

Figura 6 - Grupo A: Laringoscópios com Proteção Intelectual

### GRUPO A

Possuem a câmera e tela de visualização no próprio Laringoscópio



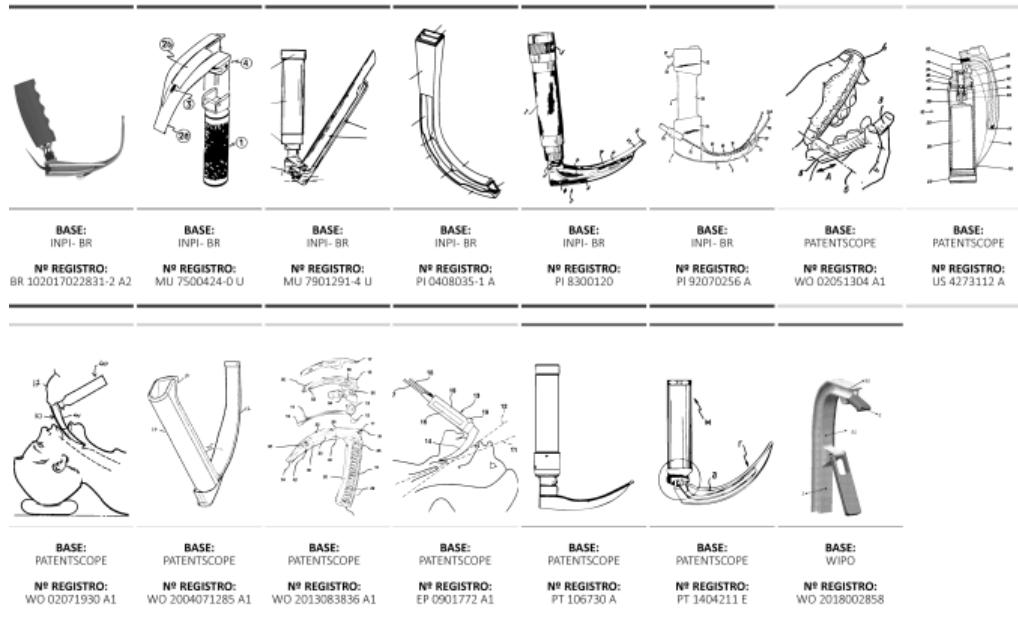
Fonte: Elaborado pelos autores.

- Grupo B - possui uma fonte de luz, mas não têm câmera e tela de visualização (FIGURA 7).

Figura 7 - Grupo D: Laringoscópios com Proteção Intelectual

### GRUPO B

Possuem uma fonte de luz, mas não têm câmera e tela de visualização



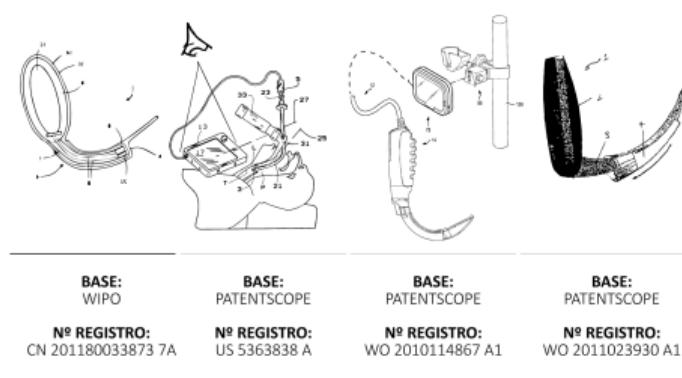
Fonte: Elaborado pelos autores.

- Grupo C - Possuem câmera e a imagem é projetada na tela de um dispositivo móvel (FIGURA 8).

Figura 8 - Grupo B: Laringoscópios com Proteção Intelectual

### GRUPO C

Possuem câmera e a imagem é projetada na tela de um dispositivo móvel.



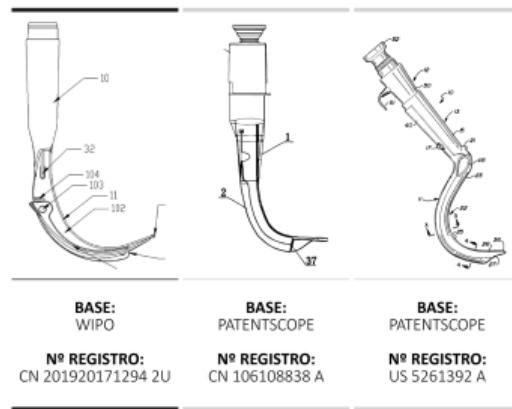
Fonte: Elaborado pelos autores.

- Grupo D - visualização direta no Laringoscópio, sem auxílio da câmera, onde o PS precisa aproximar e fixar o olho na região da lente óptica para enxergar a laringe (FIGURA 9).

Figura 9 - Grupo C: Laringoscópios com Proteção Intelectual

## GRUPO D

Possuem visualização direta no Laringoscópio, sem auxílio da câmera, onde o PS precisa aproximar e fixar o olho na região da lente óptica para enxergar a laringe.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na sequência, foi realizada uma Análise Sincrônica de três laringoscópios com objetivo de identificar as seguintes características: dimensionamento geral da Altura (h) x Largura (l) x Comprimento (c), tipo do material predominantes na lâmina e cabo, Formato da Pega, Formato da Lâmina, Fonte de Luz, Câmera Acoplada, Desmontável, Articulado e Preço médio que é vendido no mercado. Além disso, juntamente com três usuários, foram identificadas as principais desvantagens do uso do produto (TABELA 2).

Tabela 2 - Características dos Produtos de Referência

	MODELO A	MODELO B	MODELO C
<b>Dimensionamento (h x l x c)</b>	160 x 145 x 30 mm	190 x 160 x 30 mm	200 x 100 x 60 mm
<b>Material da Lâmina</b>	PLA	Aço Inoxidável	Material plástico rígido e flexível
<b>Material do Cabo</b>	PLA	Aço Inoxidável	Material plástico rígido
<b>Formato do Cabo</b>	Retangular	Cilíndrica	Retangular
<b>Formato da Lâmina</b>	Curva	Curva	Curva

<b>Fonte de Luz</b>	Não	Sim	Sim
<b>Câmera Acoplada</b>	Não	Não	Não
<b>Desmontável</b>	Não	Sim	Sim
<b>Articulável</b>	Não	Sim	Não
<b>Preço (R\$)</b>	25,00 – 30,00	400,00 – 600,00	1.700,00 – 1.800,00
<b>Registrado Int. (INPI – WIPO – ESPACENET)</b>	Não	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores.

O primeiro modelo Neovu®, materializado por impressão 3D com tamanho único, o material utilizado foi o filamento polimérico PLA. Com relação ao preço de mercado, é necessário adquirir a licença (Creative Commons CC BY-NC) do arquivo digital (STL\*) a partir de uma doação de 25,00, que dá o direito de adaptar, compartilhar e criar a partir do arquivo (STL). O modelo possui uma guia na lâmina de acesso da câmera e organização do fio, o qual vai da ponta da lâmina passando pelo cabo e se conecta a um dispositivo móvel para visualização da imagem.

De acordo com relato dos Usuários, este modelo possui três desvantagens, sendo: (1) profundidade do recorte no cabo é insuficiente para acoplar o fio; (2) formato do cabo é retangular, o que prejudica a execução da atividade; e (3) o dimensionamento do relevo é insuficiente para acoplar a câmera.

O segundo modelo da empresa Macintosh®, tem valor aproximado de 400,00 a 600,00 reais e foi fornecido pelos profissionais do HU-SC, sendo fabricado em aço inoxidável, com sistema de encaixe e desencaixe do cabo a lâmina (de diferentes tamanhos) e com um emissor de luz acoplado, mas não possui câmera de visualização, esse sendo a principal desvantagem relatada pelos usuários.

Já o terceiro modelo é o AirTraq® de uso único ou reprocessado seguindo as normas de higienização da RESOLUÇÃO - RDC N° 156 (ANVS, 2006). Possui diferentes dimensionamentos de lâmina que depende do paciente, que vai do recém-nascido ao adulto. O tipo de visualização neste modelo é direto, e o ponto positivo é que possui um guia na lateral da lâmina para facilitar a inserção do tubo traqueal.

No entanto, a necessidade de aproximar o rosto no visor do produto, no mesmo instante que a lâmina está inserida no paciente para visualização da região de interesse, sendo esta a principal desvantagem relatada pelos usuários, tanto pelo aumento de risco de contágio, pela proximidade, como também pela dificuldade de visualização, por causa da obrigatoriedade do uso da *Face Shield* durante a pandemia. Outras desvantagens apontadas foram o custo de aquisição e o tempo de vida útil.

Com isso, foi possível definir os Requisitos Projetuais, os quais foram divididos os três Blocos de Referência do projeto: Produto, Usuário e Contexto, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Requisitos Projetuais do Produto, Usuário e Contexto

PRODUTO	USUÁRIO	CONTEXTO
Utilizar micro câmera de 7mm com Fio de 4mm e comprimento mínimo de 5 metros	Manusear com a mão esquerda	Utilizar durante a IOT
Utilizar Pega destinado à mão esquerda e lâmina curva.	Ser prático para encaixar a câmera e o fio	Materiais utilizados devem ser de fácil higienização
Possibilitar o uso do sistema ANDROID	Proporcionar o manejo adequado	Eliminar insumos/implementos desnecessário
Utilizar software SeeEar para reprodução da imagem	Possuir acabamento superficial liso	Atender às recomendações (FARACO, 2017)
Ter dimensionamento máximo do dispositivo 35 x 180 x 150mm	Distanciar o rosto do PS do Paciente	Eliminar insumos/implementos desnecessários
Possuir pega geométrica no cabo com diâmetro de 30 mm		Permitir o fácil acesso e retirada do paciente
Ter distância de 4cm entre a extremidade da Lâmina à Câmera		
Acoplar/cobrir o Fio no cabo da câmera no Cabo		
Posicionar a fonte de luz e a câmera entre 50-40mm do ponto da lâmina		

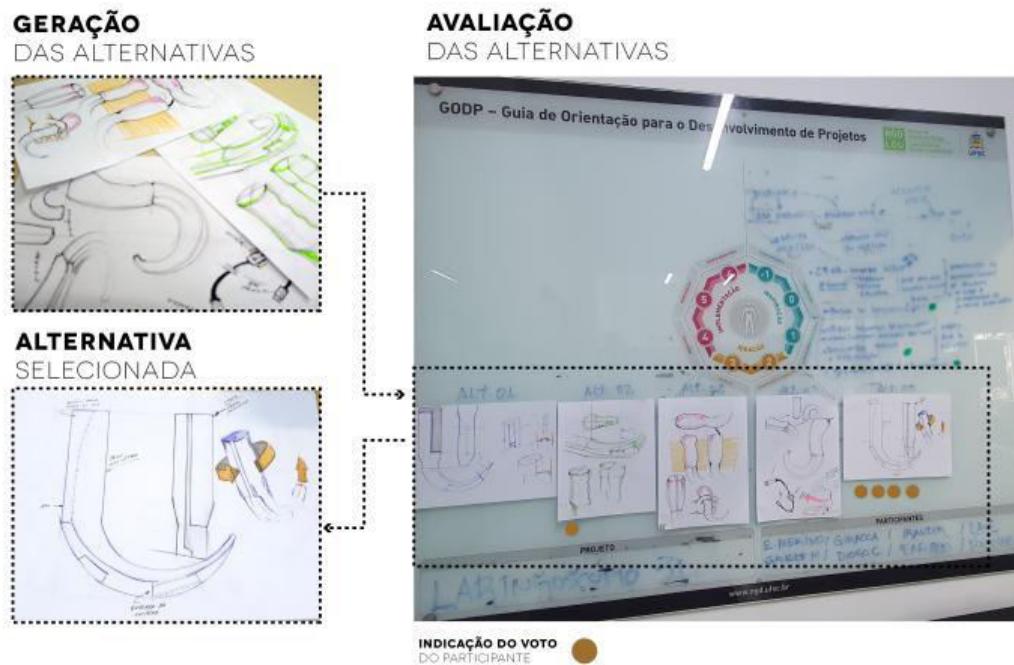
Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação **etapa de criação (3)**, foi realizada a geração de alternativas pela equipe de projeto. Inicialmente, houve uma preparação para nivelar o conhecimento dos envolvidos na etapa, onde foram retomados e descritos o contexto do projeto, os problemas identificados, as necessidades dos usuários (direto e indireto), o objetivo do projeto, a técnica a laringoscopia, e a tabela de requisitos projetuais.

Com isso, foram realizados desenhos à mão livre (*sketches*), utilizando técnicas de criatividade de *Brainstorming* e Análise das características do produto, na qual resultou em uma 05 de alternativas. Na sequência, por meio de uma avaliação foi

selecionada a alternativa que atendeu tecnicamente de melhor forma aos Requisitos Projetuais descritos na Tabela 3. Para isso, as alternativas foram organizadas em um quadro de vidro, onde foi realizada a avaliação (Figura 10).

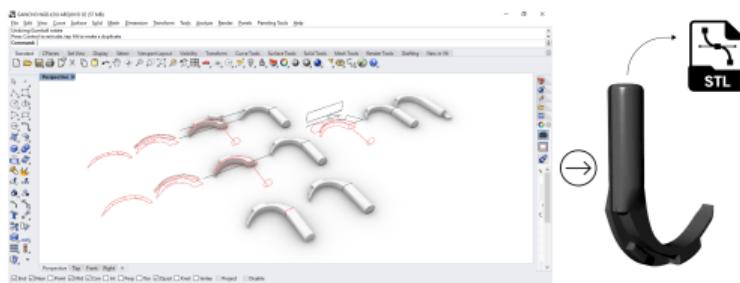
Figura 10 - Geração e seleção das alternativas



Fonte: Acervo do [ OMITIDO PARA AVALIAÇÃO CEGA].

Posteriormente, por meio dos *softwares* de Modelagem Matemática Tridimensional (FIGURA 11) do sistema *Computer-Aided Design* (CAD), especificamente o Rhinoceros 3D, foi desenvolvido o modelo virtual e gerado o arquivo em extensão *Stereolithography* (STL).

Figura 11 - Modelagem Matemática Tridimensional



Fonte: Elaborado pelos autores.

A primeira etapa do Terceiro Momento (Implementação), foi a etapa de **Execução (4)**, onde a alternativa gerada pelo *software* CAD, foi analisada e exportada em extensão (STL) para a preparação em *software Computer-Aided Manufacturing* (CAM) e assim iniciar o processo de pré-materialização. Com o arquivo gerado, foi importado para o

*software CAM 3DPrinterOS*, possibilitando um melhor posicionamento e direcionamento para materialização, por impressão 3D, tendo em vista o melhor aproveitamento do material e acabamento superficial, além de preservar a geometria projetada.

Já na **etapa de viabilização (5)**, foi iniciada a materialização do protótipo de alta fidelidade, utilizando filamento Polimérico Ácido Poliático Super Touch (PLA ST) com espessura de 1,75mm, consumindo 32.398 metros de material, com duração de tempo total de impressão de 5:42:39s.

Esse filamento foi selecionado em razão de apresentar alto grau de resistência a impactos, alongamento de ruptura, bom acabamento superficial, quando comparado ao PLA normal (ESUN, 2022), além disso, não há necessidade de aquecer a base de impressão ou imprimir em uma câmara fechada e não há deformação ao imprimir modelos maiores.

Após isso, o produto foi retirado da impressora e foram realizados os procedimentos de acabamento superficial, utilizando estiletes, bisturis de precisão e lixas, por fim, foi realizada sua higienização. Também foi feita a montagem do equipamento com a câmera e a sincronização com o *software SeeEar* para reprodução da imagem no dispositivo móvel.

Após a materialização foram realizados testes pelos usuários (Figura 12), os quais indicaram quatro ajustes, a saber: (1) Acrescentar um elemento na extremidade do rasgo passante que acopla a câmera; (2) diminuir a largura da extremidade da Lâmina, deixando-a com 15mm; (3) diminuir a altura do elemento de barreira do fio da câmera, deixando-a com 7mm e (4) melhorar o acabamento superficial para diminuir a rugosidade da lâmina.

Figura 12 - Teste do laringoscópio pelos PS



Fonte: Acervo NGD/LDU.

Para incorporar os três primeiros ajustes foi necessário retornar ao arquivo tridimensional e realizar os ajustes, porém considerando as limitações técnicas da impressora: área de impressão e angulação do produto na base da impressora. Após a finalização dos ajustes, foi preparado o arquivo digital no *software CAM*, aplicando uma inclinação de 45º em relação à base, o que possibilitou que a extrusão do material e a transição entre as camadas, resulta-se num acabamento superficial liso e sem rugosidade, atendendo ao quarto ajuste indicado (FIGURA 13).

Figura 13 - Preparação CAM e Impressão 3D



Fonte: Acervo NGD/LDU.

Com isso, foi possível produzir uma peça com qualidade superficial satisfatória, atendendo às recomendações de ajustes indicados pelos usuários (PS). Na sequência, três laringoscópios foram montados, e entregue a equipe de anestesiistas do Centro Cirúrgico do HU/UFSC, conforme Figura 14.

Figura 14 - Entrega do Produto

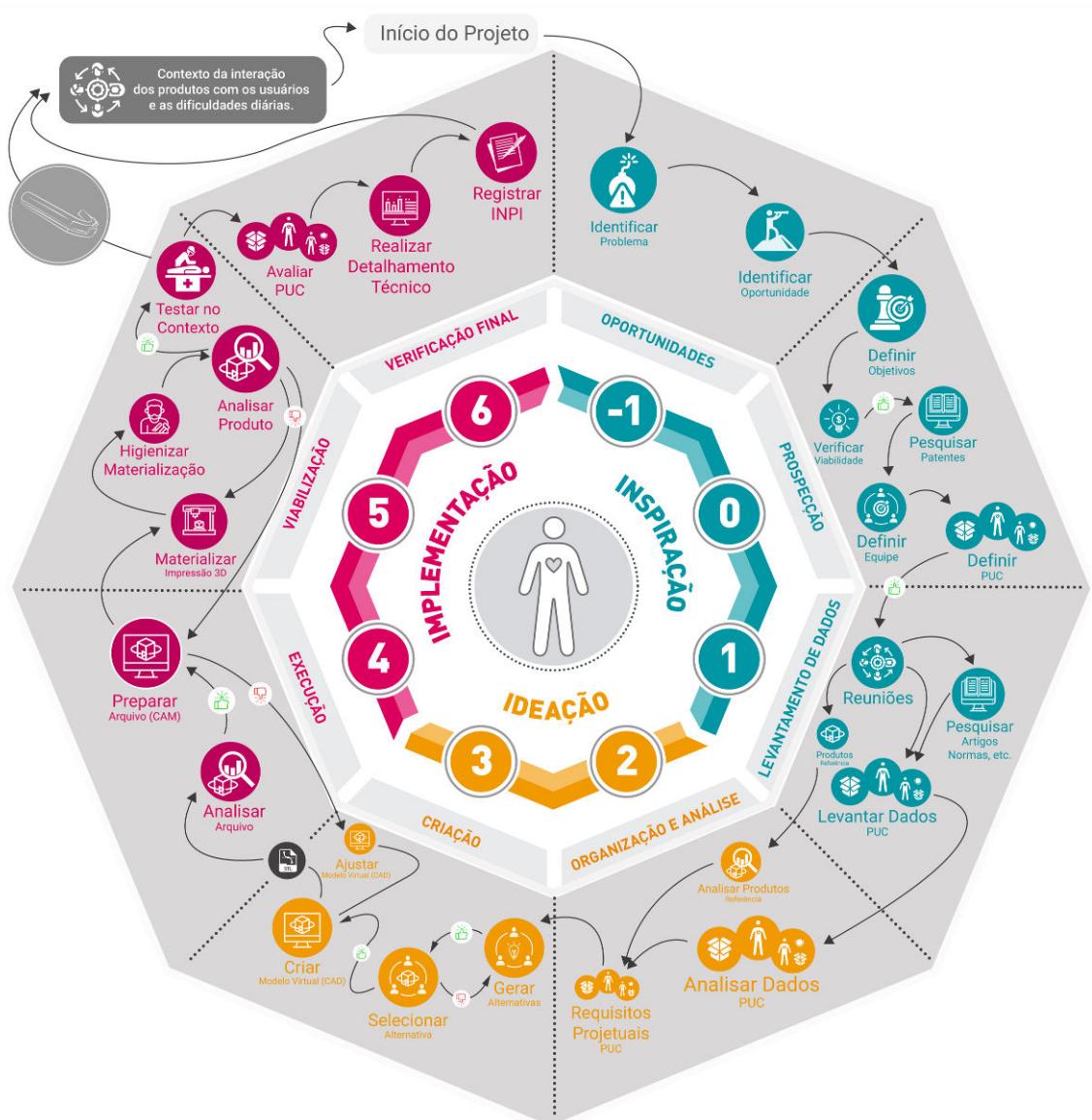


Fonte: Acervo NGD/LDU.

Com a entrega dos laringoscópios aos PS, foi iniciada a **etapa de Verificação Final (6)**, na qual foi realizado o detalhamento técnico com auxílio de *software CAD*, juntamente com o depósito de registro do Desenho Industrial junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (BR302021002209-5), por meio da Secretaria de Inovação (SINOVA-UFSC). Por fim, o laringoscópio está no processo de acompanhamento de uso no contexto, tanto para verificação de possíveis problemas quanto de oportunidade de novos projetos.

A Figura 15, apresenta uma síntese visual do processo de desenvolvimento do projeto, com os 03 momentos (Inspiração, Ideação e Implementação) e as 08 etapas (Oportunidade, Prospecção, Levantamento de Dados, Organização e Análise, Criação, Execução, Viabilização e Verificação Final) do GODP.

Figura 15 – Processo de Desenvolvimento do Projeto

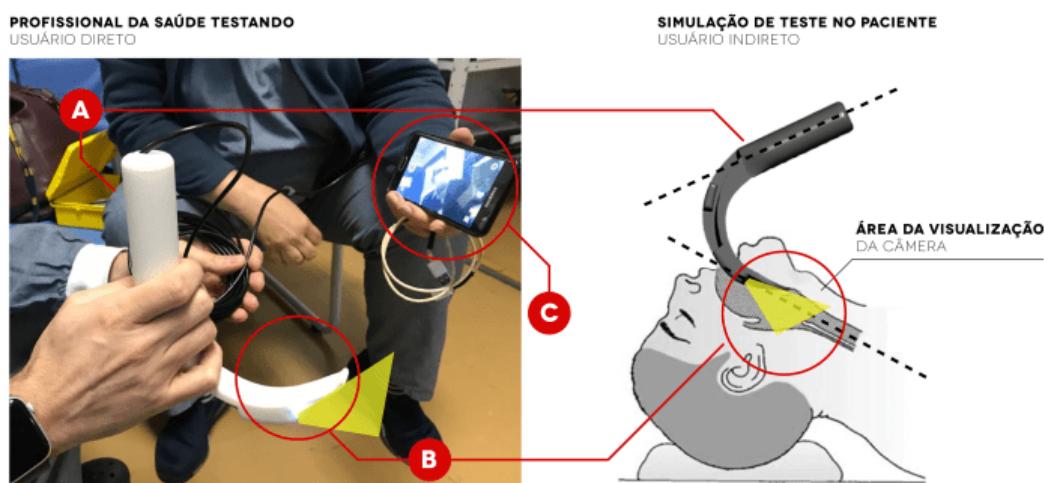


Fonte: Elaborado pelos autores.

## 5 Descrição do Produto

O laringoscópio descartável com câmera foi produzido em impressora tridimensional, com para câmera com fio de 7mm. O produto possui forma predominantemente cilíndrica, com todas as extremidades e quinas suavizadas, com um rebaixo lateral no cabo (A) que possibilita o acoplamento do fio da câmera. A fonte de luz/câmera fica posicionada próximo a ponta da lâmina, com distanciamento de 41.17mm e acoplada internamente à estrutura em relevo disposta ao longo da lâmina (B), responsável por transmitir a imagem (C) em tempo real ao dispositivo móvel conectado (FIGURA 16).

Figura 16 - Características do Produto



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 6 Discussão

Conforme a retorno dos Profissionais da Saúde envolvidos após os testes de uso, foi possível verificar que o produto facilitou a intubação em situações identificadas de via aérea difícil, uma vez que a laringoscopia convencional direta pode não possibilitar uma boa visualização. De igual forma auxiliou na proteção do profissional de agentes aerossóis e gotículas expelidos durante o procedimento, em razão da possibilidade de realizar o procedimento mais distante do paciente, em comparação com a laringoscopia convencional, permitindo a visualização da laringe de maneira adequada por meio da tela do celular, tablet ou computador ligada a câmera. Desta forma, entende-se que o resultado atendeu as especificações determinadas pelos Profissionais da Saúde (PS) e aos requisitos projetuais, potencializando um procedimento mais seguro e confortável.

Em relação às tecnologias empregadas, o uso de *Softwares CAD/CAM* e materialização por Impressão 3D, possibilitaram maior agilidade no processo de passagem do virtual para o real, exigindo um tempo reduzido acabamento final, tendo em vista a precisão das peças e qualidade da produção, configurando uma experiência positiva e promissória.

Em termos dos materiais para a impressão 3D, foram usados dois tipos de PLA, que é um poliéster termoplástico feito com ácido lático a partir de fontes renováveis, sendo

o normal (PLA) e o Super Touch (PLA ST), este último apresenta alto grau de resistência mecânica em relação ao PLA convencional, ambos entregando resultados satisfatórios no que se refere a qualidade superficial e fidelidade aos dimensionamentos projetados virtualmente, porém considerando a sua alta resistência, foi utilizado o PLA ST para a fabricação das peças.

O uso dessa tecnologia e do material corrobora com Silva (2010, p.14), afirmava alguns anos atrás, onde já previa que com “com a evolução das tecnologias e conhecimentos sobre plásticos e materiais compósitos, começam a surgir alguns laringoscópios não metálicos reutilizáveis”.

Importante destacar que a finalização de um projeto não significa o fim do desenvolvimento do produto, mas o encerramento de um ciclo, entregando o produto para seu uso, refletindo sobre o que foi desenvolvimento e dando continuidade, com a identificação de novas oportunidades de melhorias e novos projetos que surgirão.

## 7 Considerações Finais

O processo do design de produtos centrado no humano para saúde, integrando conhecimentos do design, engenharia e saúde, com auxílio das tecnologias para desenho assistido por computador, materialização assistida por computador e impressão 3D, apresenta ganhos na agilidade do processo, na precisão do projeto, nas tomadas de decisões projetuais de ajustes e alterações.

Um ponto importante a ser considerado é a continuidade dessa prática projetual interprofissionais para área da saúde com a abordagem do DCH, uma vez que, ficaram perceptíveis os ganhos dessa integração por meio do compartilhamento dos conhecimentos de cada profissional.

O uso da abordagem do DCH e do GODP, desde o início do projeto, foi fundamental para orientar os profissionais envolvidos no projeto, realizar o levantamento de dados e observar no contexto de forma ágil, criando, selecionando e definindo a alternativa que melhor atendia as especificações técnicas, antes da materialização, evitando desperdícios de recursos, e finalmente implementando e avaliando o produto no contexto de uso. Também forneceu um processo interativo centralizado nas necessidades e limitações do Produto, Usuários e Contexto, oportunizando objetividade e maior assertividade nas tomadas de decisões.

Para trabalhos futuros, está previsto o desenvolvimento da segunda geração deste equipamento, com compatibilidade para os dois sistemas operacionais, sistema de comunicação sem fio (wifi) e testes com outros materiais que poderão melhorar seu desempenho técnico e de uso.

## 8 Agradecimentos

Agradecemos à equipe médica de anestesistas do Centro Cirúrgico do Hospital Universitário Polydoro Ernani de São Thiago, aos gestores do Hospital e à Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) pelo apoio e parceria. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Contou com apoio e infraestrutura do Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Design e ao programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

## 9 Referências

- ABRAS et al. Design centrado no usuário. Bainbridge, W. Encycl. **Human-Computer Interact**, 37, Thousand Oaks Sage Publ. (2004), pp. 445 – 456.
- ADAM, Mary B et al. Implementation research and human-centred design: how theory driven human-centred design can sustain trust in complex health systems, support measurement and drive sustained community health volunteer engagement. **Health Policy And Planning**, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 150-162, 1 nov. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/heapol/czaa129>.
- ALRASHOUDI, Abdulelah et al. Fabrication of a Lateral Flow Assay for Rapid In-Field Detection of COVID-19 Antibodies Using Additive Manufacturing Printing Technologies. **International Journal of Bioprinting**, [S.I.], v. 7, n. 4, p. 399, aug. 2021. ISSN 2424-8002. Disponível em: <<https://ijb.whioce.com/index.php/int-j-bioprinting/article/view/399>>. Data de Acesso: 22 fev. 2022.
- ANDRADE, Rebeca Gonelli Albanez da Cunha et al. Difficult laryngoscopy and tracheal intubation: observational study. **Brazilian Journal of Anesthesiology** (English Edition), [S.L.], v. 68, n. 2, p. 168-173, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjane.2017.10.010>.
- BRASILIA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVS). Ministério da Saúde (org.). **RESOLUÇÃO - RDC Nº 156, DE 11 DE AGOSTO DE 2006**. 2006. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2006/res0156\\_11\\_08\\_2006.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2006/res0156_11_08_2006.html). Acesso em: 07 abr. 2022.
- BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**: guia prático para o desenvolvimento de produtos. São Paulo: Blücher, 2011
- BEST, K. **What can Design Bring to Strategy? Designing Thinking as a Tool for Innovation and Change**. 1. ed. Breda: Inholland University of Applied Sciences, 2011.
- BEST, K. **The Fundamentals of Design Management**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BIANCO, F. et al. Preventing transmission among operating room staff during COVID-19 pandemic: the role of the aerosol box and other personal protective equipment. **Updates In Surgery**, [S.L.], v. 72, n. 3, p. 907-910, 24 maio 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13304-020-00818-2>.
- BROWN, Tim. **Change by design**: how design thinking transforms organizations and inspires innovation. New York: Harper Business, 2009.
- BROWN, T.; WYATT, J. Design Thinking for Social Innovation by Tim Brown & Jocelyn Wyatt Stanford Social Innovation Review. **Stanford Social Innovation Review**, v. 8, n. 1, p. 30–35, 2010.
- BRUNA, Camila Quartim de Moraes et al. Processamento de cabos de laringoscópio: revisão integrativa. **Revista Sobecc**, [S.L.], v. 21, n. 1, p. 37-45, 8 jun. 2016. Zeppelin Editorial e Comunicacao. <http://dx.doi.org/10.5327/z1414-4425201600010006>.

CELIK, H. Kursat et al. Design and Additive Manufacturing of Medical Face Shield for Healthcare Workers Battling Coronavirus (COVID-19). **International Journal of Bioprinting**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 30-50, 3 jul. 2020. Whioce Publishing Pte Ltd. <http://dx.doi.org/10.18063/ijb.v6i4.286>.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. **CFM N° 2.174: RESOLUÇÃO CFM N° 2.174/2017.** 1 ed. Brasília, 2017. 15 p. Disponível em: <https://sistemas.cfm.org.br/normas/visualizar/resolucoes/BR/2017/2174>. Acesso em 02 fev. 2022

COSTA, Diogo Pontes et al. Industrial Property in pandemic times: the brazilian panorama of requests for protection of pandemic-related products projects at national institute of industrial property. **Product Management & Development**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 1-16, 2021. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/pmd.2021.004>.

COSTA, Fernanda Vicente da. **Estudo dos incidentes transfusionais imediatos ocorridos no Hospital Universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (HU – UFSC)**. 2006. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

COSTA, Rosa Maria Coelho Alves. **Uso de ensino baseado em simulação para técnica básica de intubação endotraqueal via orotraqueal**. 2016. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Ensino Médico, Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Cap. 1.

ERDIVANLI, Basar et al. Comparison of King Vision video laryngoscope and Macintosh laryngoscope: a prospective randomized controlled clinical trial. **Brazilian Journal of Anesthesiology** (English Edition), [S.L.], v. 68, n. 5, p. 499-506, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjane.2018.04.008>.

ESUN. **EPLA-ST**. 2022. Disponível em: <https://www.esun3d.net/Products/ePLA-ST>. Acesso em: 07 mar. 2022.

FARACO, Michel Maximiano. Intubação Oro/Endotraqueal. Florianópolis: EBSERH, 2018. 3 p. Disponível em: [http://www.hu.ufsc.br/documentos/pop/enfermagem/assistenciais/UTI/POPS\\_UTI\\_INTUBA%C3%87%C3%83O.doc\(1\).pdf](http://www.hu.ufsc.br/documentos/pop/enfermagem/assistenciais/UTI/POPS_UTI_INTUBA%C3%87%C3%83O.doc(1).pdf). Acesso em: 05 fev. 2022.

GARCIA, Aline Pallaoro. **Proposta de uma nova ficha anestésica para implantação no Hospital Universitário Polydoro Ernanu de São Thiago – HU/UFSC**. 2011. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

GARRIGOU, A. et al. Critical review of the role of PPE in the prevention of risks related to agricultural pesticide use. **Safety Science**, [S.L.], v. 123, p. 104527, mar. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104527>.

GÓMEZ-RÍOS, Manuel Ángel et al. Estudio cruzado e randômico comparando os laringoscópios Airtraq® NT, McGrath® MAC e Macintosh para intubação nasotraqueal em simulação de via aérea fácil y difícil em manequim. **Brazilian Journal Of Anesthesiology**, [S.L.], v. 66, n. 3, p. 289-297, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjan.2016.02.014>.

GONZÁLEZ, J.L. Iglesias et al. Evaluación del videolaringoscopio Airtraq como dispositivo de rescate tras laringoscopia directa difícil. **Revista Española de Anestesiología y Reanimación**, [S.L.], v. 65, n. 10, p. 552-557, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.redar.2018.06.010>.

IDEO. **The Field Guide to Human-Centered Design**. [s.l]: s.n.].

ISO 9241-210 **Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for**

interactive systems, 2019.

KING, William P. et al. Emergency ventilator for COVID-19. **Plos One**, [S.L.], v. 15, n. 12, p. 1-19, 30 dez. 2020. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0244963>.

MATSUMOTO, Toshio et al. Intubação traqueal. **Jornal de Pediatria**, [S.L.], v. 83, n. 2, p. 83-90, maio 2007. FapUNIFESP (SciELO). <https://doi.org/10.1590/S0021-75572007000300010>.

MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **GODP – Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário**. Florianópolis: NGD/UFSC, 2016. Disponível em: <https://ngd.ufsc.br/wp-content/uploads/2018/03/e-book-godp.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2020

MERINO, Eugenio Andrés Diaz et al. DESENVOLVIMENTO DE UM LARINGOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO: uma abordagem centrada no usuário. **Plural Design**, Joinville, v. 1, n. 4, p. 69-49, jun. 2021.

MENG, Lingzhong et al. Intubation and Ventilation amid the COVID-19 Outbreak. **Anesthesiology**, [S.L.], v. 132, n. 6, p. 1317-1332, 1 jun. 2020. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0000000000003296>.

MOZOTA, B. B. DE; VALADE-AMLAND, S. **Design: A Business Case Thinking, Leading, and Managing by Design**. Copenhagen: Business Expert Press, 2020.

NAZIR, Aamer et al. **The rise of 3D Printing entangled with smart computer aided design during COVID-19 era**. Journal Of Manufacturing Systems, [S.L.], v. 60, p. 774-786, jul. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.10.009>.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. 1. ed. Califoni: Morgan Kaufmann, 1993.

NORMAN, D. A. **Design do dia-a-dia**. Rio de Janeiro: Racco, 2002.

NUNES, Rodrigo Lopes. **Análise do perfil pré-anestésico dos pacientes que se submetem a cirurgias no HU/UFSC**. 2011. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

PAGNAN, Andreia Salvan et al. Individual protection mask with improved filtering properties: 3d printed solution guided by design materials selection. **Strategic Design Research Journal**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 432-445, 23 dez. 2020. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/sdrj.2020.133.11>.

SILVA, António José Ramos. **Laringoscópio Digital**. 2010. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

SILVA Edna L.; MENEZES, Estera M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: 2005. 139 p.

SPAKE, Carole S. L. et al. 3D Printed N-95 Masks During the COVID-19 Pandemic: lessons learned. **Annals Of Biomedical Engineering**, [S.L.], v. 49, n. 12, p. 3666-3675, 3 set. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10439-021-02859-z>.

World Health Organization (2020). **Rational use of personal protective equipment (PPE) for coronavirus disease (COVID-19): interim guidance**, 19 March 2020a. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/331498>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2022.