

**PRODUÇÃO, POR IMPRESSÃO 3D, DE VIDEOLARINGOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO:  
USO NA CONDUTA DE INTUBAÇÃO DE PACIENTES COM COVID-19****PRODUCTION, BY 3D PRINTING, OF LOW COST VIDEOLARINGOSCOPE: USE IN  
INTUBATION CONDUCT OF PATIENTS WITH COVID-19**Leandro Carvalho de Moraes<sup>1</sup> Rodrigo Marques de Oliveira<sup>1</sup> Tatielle Menolli Longhini<sup>2</sup>**RESUMO**

No início de 2020, a pandemia do coronavírus tomou proporção em nível mundial. Pacientes infectados, quando em nível grave da doença, apresentam um quadro de insuficiência respiratória hipoxêmica grave, precisando ser intubados para recuperar a sua capacidade de oxigenação. Pelo menos 10% das pessoas internadas com Covid-19 precisam ser intubadas, procedimento este executado em Unidades de Terapia Intensiva (UTI). O procedimento de intubação orotraqueal (IOT) é uma prática complexa, principalmente em função das características anatômicas dos pacientes. Entre os infectados por Covid-19, há cuidados adicionais para que os aerossóis liberados na conduta não contaminem o ambiente e os profissionais envolvidos. Em virtude disso, este trabalho visa à produção, por impressão 3D, de videolaringoscópio de baixo custo que facilite a conduta de intubação de pacientes com Covid-19. Por isso, buscou-se o desenvolvimento de uma lâmina de laringoscópio, por impressão 3D que, quando usada com um endoscópio, se transforma em videolaringoscópio de baixo custo. As imagens captadas auxiliam na prática de intubação dos pacientes. Com isso, reduziu-se drasticamente o tempo do procedimento de intubação devido à facilidade em se desenvolver a conduta com o instrumento, sendo reduzidos os erros do processo. Com o desenvolvimento, o produto final (lâmina impressa, juntamente com o endoscópio) custa, em média, R\$50,00 (cinquenta reais), valor, em média, 280 vezes mais barato que os videolaringoscópios importados.

**Palavras-chave:** Covid-19. Impressão 3D; videolaringoscópio;

---

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG).

<sup>2</sup> Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG). R. Mato Grosso, 02 - Bairro - Vista Alegre, Ibirité – MG. .e-mail: tatielle.longhini@ifmg.edu.br

**ABSTRACT**

In the beginning of 2020, the coronavirus pandemic took over worldwide. Infected patients, when at a severe level of the disease, present a picture of severe hypoxemic respiratory failure, needing to be intubated to recover their oxygenation capacity. At least 10% of hospitalized patients with Covid-19 need to be intubated, a procedure performed in Intensive Care Units (ICUs). Orotracheal intubation procedure (OIT) is a complex practice, mainly due to the anatomical characteristics of the patients. Among those infected with Covid-19, there is additional care so that aerosols released in conduct do not contaminate the environment and the professionals involved. So, this paper aims to produce, through 3D printing, a low-cost videolaryngoscope that facilitates the intubation of patients with Covid-19. For this reason, we sought to develop a 3D printing laryngoscope blade that, when used with an endoscope, becomes a low-cost video laryngoscope. The images captured help in the practice of intubating patients. Thereby, the time of the intubation procedure was drastically reduced due to the easiness to develop the conduct with the instrument, reducing the errors of the process. With the development, the final product (printed slide, together with the endoscope) costs, on average, R\$50.00 (fifty reais), a value, on average, 280 times cheaper than imported videolaryngoscopes.

**Keywords:** Covid-19.3D printing.; videolaryngoscope.

---

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG).

<sup>2</sup> Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG). R. Mato Grosso, 02 - Bairro - Vista Alegre, Ibirité – MG. .e-mail: tatielle.longhini@ifmg.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

O surto do Coronavírus, iniciado na região de Wuhan, na China, no fim de 2019, ganhou contornos de pandemia no início de 2020 (Vattimo; Lunardi, 2020). Trata-se de uma doença aguda, com taxa de mortalidade em torno de 2%, que afeta gravemente pessoas de grupo de risco – idosos e portadores de comorbidades (BASTOS *et al.*, 2020).

Segundo o Ministério da Saúde (2020), 10 a 15% dos pacientes com Covid-19 necessitam de internação em unidades de terapia intensiva (UTI), em razão de insuficiência respiratória aguda em decorrência de pneumonia contraída por carga viral. Pacientes acometidos por casos graves da doença precisam de ventilação mecânica invasiva para sua adequada oxigenação, o que requer condutas de intubação. A prática da intubação é complexa, pois requer a adaptação às características anatômicas dos pacientes que podem dificultar o acesso às vias aéreas. É necessário que se faça uma análise pré-operatória como forma de minimizar a quantidade de tentativas frustradas de intubação (Bezerra, 2018).

A pandemia deflagrou uma crise de suprimento em geral, principalmente os relacionados à saúde, dado o elevado índice de contaminação de pacientes. Notou-se uma busca, em escala mundial, por álcool 70% e por equipamentos de proteção individual (EPI) (MONTEIRO *et al.*, 2020). Nesse contexto, é indispensável o desenvolvimento de protocolos e treinamentos para minimizar os erros de tratamento (Cavalcante; Dutra, 2020).

Dentro desse panorama, novas soluções passaram a ser desenvolvidas para enfrentar a falta de insumos e trazer melhores condições de trabalho entre os profissionais de saúde. Tem-se notado o aumento das aplicabilidades da impressão 3D para auxílio de condutas médicas, que vem viabilizando o desenvolvimento de soluções personalizadas, em tempo hábil e de baixo custo, e a aproximação entre as universidades e centros médicos (Lacerda *et al.*, 2020).

Em Governador Valadares, a realidade vivida, em contexto pandêmico, induziu a necessidade de desenvolvimento de produto que viesse a auxiliar a conduta de intubação de pacientes, principalmente aqueles acometidos pelo coronavírus. Por isso, buscou-se produzir, por impressão 3D, um videolaringoscópio de baixo custo.

Objetivou-se produzir, por impressão 3D, videolaringoscópio de baixo custo para auxílio na conduta de intubação de pacientes com Covid-19. Visando responder a seguinte pergunta de pesquisa: “Como produzir um videolaringoscópio de baixo custo, por impressão 3D, para auxílio na conduta de intubação de pacientes com Covid-19?”. Para isso, foi desenvolvido modelo, por engenharia reversa, que atendesse os requisitos técnicos da conduta.

Este trabalho consiste em cinco seções. A primeira fornece uma introdução à problemática estudada e à proposta do estudo. A segunda aborda a fundamentação teórica, discutindo a intubação de pacientes com Covid-19 e o uso da Impressão 3D na medicina. A terceira apresenta a metodologia de realização do trabalho. Na quarta seção, são apresentados os resultados e discussões, destacando o desenvolvimento de um videolaringoscópio de baixo custo por impressão 3D e sua aplicação na intubação de pacientes. Por fim, as considerações finais resumem os resultados obtidos, suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Esta seção apresentará a fundamentação teórica do trabalho, introduzindo temáticas sobre intubação de pacientes com Covid-19 e o uso da impressão 3D e os avanços na medicina.

### **2.1. Intubação de pacientes com Covid-19**

A Covid-19 é uma síndrome respiratória grave com alto nível de contágio. Sua transmissão se dá por contato com gotículas contaminadas e com superfícies infectadas e pacientes acometidos pela doença (Cavalcante; Dutra, 2020). Em vários países, a quantidade de pacientes infectados gravemente ultrapassou a capacidade de atendimento dos serviços de saúde, comprometendo os cuidados (Pinto; Carvalho, 2020).

Dentre as complicações notadas, sabe-se que o coronavírus desenvolve uma pneumonia viral que, em muitas oportunidades, leva à necessidade de intervenções para suprir a capacidade respiratória (Cavalcante, Dutra, 2020). O que justifica a conduta por intubação orotraqueal (IOT) para estabelecer ventilação mecânica invasiva (VMI).

Cabe ressaltar que a abordagem inicial das vias aéreas pode aumentar os aerossóis, elevando a possibilidade de contaminação dos profissionais envolvidos (Maranhão, 2020). Tal conduta é acordada com o paciente, que é devidamente conscientizado quanto à sua necessidade para cooperar com a ação (Bezerra, 2018).

É raro haver complicações no manejo da via aérea, embora, quando acontece, se traduz em situações graves. Geralmente, dificuldade de intubação pode levar à lesão grave ou morte (Cook; Macdougall-Davis, 2012). Por isso, é importante haver detalhamento de informações na avaliação pré-operatória para verificar se há histórico de laringoscopia difícil.

A via aérea difícil é identificada por exame físico ao avaliar, principalmente por comprimento de dentes, mobilidade da cervical, diâmetro do pescoço. Há casos em que são

indicados exames complementares para se compreender outras causas de via aérea difícil (Apfelbaum *et al.*, 2013). Nessas circunstâncias, o uso de videolaringoscópios é uma boa alternativa para a intubação dos pacientes, por aumenta o sucesso na conduta, principalmente entre os pacientes com via aérea difícil. A ferramenta também permite maior distanciamento do profissional de saúde durante o ato de intubação, reduzindo a possibilidade de contaminação (TURNA *et al.*, 2020; COOK *et al.*, 2020; DRIVER *et al.*, 2018; BEZERRA, 2018).

## 2.2. Impressão 3D e os avanços na medicina

A impressão 3D imprime camadas tridimensionais (Lacerda *et al.*, 2020). O equipamento permite o desenvolvimento de protótipos e testes, reduzindo o retrabalho no desenvolvimento dos produtos com projetos virtuais (Ventola, 2014). Por isso, a tecnologia 3D diminui consideravelmente os desperdícios de produção, além de trazer precisão na impressão do objeto, o que explica o fato de ser uma tecnologia cada vez mais utilizada em diferentes segmentos, entre eles, a medicina (Porto, 2016; Gross *et al.*, 2014). Exemplos disso são as criações de próteses, implantes, reproduções anatômicas, além da produção de tecidos vivos e órgãos por células tronco (Matozinhos, 2017).

Existem muitos benefícios que podem enriquecer a medicina, como personalização e testes de produtos, de modo que os mesmos sejam criados conforme as necessidades de desenvolvimento e uso (Takagaki, 2012). Isso aumenta a eficiência e eficácia dos procedimentos já usados, tornando-os inovadores (Ventola, 2014).

Foi observado no presente estudo que, mesmo já existindo há cerca de três décadas, a tecnologia da impressora 3D se faz extremamente atual, sendo o campo da medicina um dos que mais se beneficia com esses avanços. Por meio de modelos 3D, intervenções cirúrgicas podem ser otimizadas, próteses personalizadas podem ser produzidas, o estudo de anatomia e os diagnósticos tornam-se mais fáceis. Além disso, é a impressão tridimensional que têm tornado possível a elaboração de fármacos com características químicas e físicas especiais.

O barateamento dos equipamentos e insumos vêm favorecendo a difusão da técnica, com ampla possibilidade de expansão (Matozinhos, 2017). A tendência é que os esforços colaborativos sejam cada vez mais estimulados, agilizando o processo de desenvolvimento, além de ampliar as possibilidades de aplicação da tecnologia na medicina (Junior, 2021).

Do ponto de vista da pandemia, notou-se um uso intensificado, de forma inovadora (Ishack, Lipner, 2020). Em função da dificuldade de ressurgimento de insumos, principalmente os médicos, foi comum iniciativas de *do it yourself* (DIY), por impressão 3D, para a produção

de respiradores mecânicos, equipamentos de proteção individual (EPIs) e outros instrumentos usados nas condutas médicas (Livingston, Desai, Berktis, 2020).

### 3. METODOLOGIA

Esta seção aborda a classificação da pesquisa, a forma da coleta de dados, a definição da metodologia utilizada, os passos para desenvolver o estudo e a definição do projeto a ser aplicado. No que se refere a natureza do estudo, este trabalho se trata de uma pesquisa aplicada, pois busca desenvolver soluções a partir de experiências práticas, de modo a promover melhorias (Moreira, Rizzatti, 2020).

O estudo busca incentivar o uso do videolaringoscópio de baixo custo e futuramente abrir espaço para novas melhorias, e a abordagem da pesquisa se enquadra como quantitativa e qualitativa, dada dificuldade de entendimento, em profundidade, de aspectos do produto desenvolvido (Buchele *et al.* 2015). O objetivo da pesquisa é exploratório, uma vez que se busca solucionar problemas que ainda não foram muito difundidos ou que não houve muita exploração do tema, e auxilia a estruturar informações de modo preliminar, sem que ocorra efeitos desvirtuadores no ponto de vista do pesquisador (Martelli *et al.*, 2020). A coleta de dados desta pesquisa se deu por meio documental, pois tem como a fonte documentos, fotos e vídeos, e também por meio experimental, porque o produto deste trabalho foi base para coletar dados de forma técnica em laboratório, dentro de condições adequadas (Severino, 2013).

A produção do videolaringoscópio, por impressão 3D, aconteceu no Centro de Robótica, Inovação e Empreendedorismo (CRIE), laboratório de prototipagem do Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Governador Valadares (IFMG-GV). Sendo que tal técnica de fabricação consiste na produção de um objeto 3D a partir de um sistema CAD (Desenho Auxiliado por Computador), que o envia a um sistema CAM (Manufatura Auxiliada por Computador) para ser fatiado em camadas. Sobre os filamentos usados com insumo nas impressoras 3D, os materiais mais comuns são, ácido polilático (PLA), acrilonitrila butadieno estireno (ABS) e polietileno tereftalato de etileno glicol (PETG). A decisão de qual material escolher para impressão, de fatores como: resistência, durabilidade, custos, consumo de energia, entre outros.

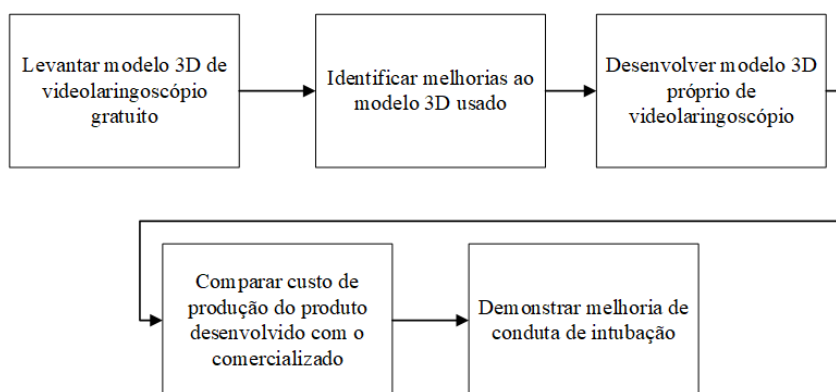
Quadro 1 - Materiais mais usados na impressão 3D.

PLA	Tem uma temperatura de impressão reduzida e a durabilidade é mais baixa, se comparada ao ABS e ao PETG, não ocorre a necessidade da mesa ser aquecida para ser feita a impressão.
ABS	Suporta temperaturas mais elevadas, é resistente a impactos. Requer mesa aquecida para a impressão.
PETG	Tem resistência a água, fadiga e química. Necessita de mesa aquecida para que ocorra a impressão.

Fonte: SIMPLIFY 3D (2021).

A produção do videolaringoscópio foi demandada por anestesiolistas locais, como forma de favorecer a ação de intubação de pacientes, principalmente os acometidos por Covid-19. Para isso, seguiu-se os passos da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.



Fonte: autoria própria, 2024.

Para facilitar o processo de desenvolvimento, optou-se pela busca de modelos *open source* já existentes em comunidades e plataformas colaborativas de projetos. Dessa busca, foi encontrado o modelo da AirAngel Blade®, amplamente difundida entre os usuários. O modelo foi baixado gratuitamente.

Com base no modelo da AirAngel Blade®, a partir de avaliações de uso da peça, que foi impressa, em boneco de treinamento, e sob supervisão de médico anestesiolista, foram identificadas melhorias e adaptações, de modo a melhorar a qualidade de acabamento, aumentar a velocidade de produção e facilitar o trabalho de intubação. Dessa maneira, houve mudanças dimensionais da peça desenvolvida.

Por fim, com a peça desenvolvida e impressa, e a estimativa de uso de material e demais custos envolvidos na produção, foi possível comparar a diferença de valores entre o produto

desenvolvido e o que é comercializado. A partir do desenvolvimento, foram listadas as melhorias na conduta de intubação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho foi desenvolvido em decorrência da pandemia e a manifestação dos casos mais graves da Covid-19, que sugeriam a necessidade de intubação dos pacientes, para aumento da capacidade respiratória. A conduta é complexa, pois varia de acordo com as características anatômicas dos pacientes. Além disso, muitas instituições hospitalares da região de Governador Valadares/MG vinham enfrentando dificuldades de atendimento de enfermos mantidos em unidades de tratamento intensivo (UTI) e de compra de insumos, demandando ao CRIE – Centro de Robótica, Inovação e Empreendedorismo, laboratório de prototipagem do IFMG-GV, o desenvolvimento da proposta de videolaringoscópio de baixo custo para melhoria de intervenção.

O desenvolvimento do produto partiu do protótipo AirAngel Blade (Figura 2), em modelo 3D em formato.stl, disponibilizado em modo *open source* (Airangel Blade, 2020). Trata-se de um produto de baixo custo, que tem como finalidade tornar os videolaringoscópios acessíveis a locais com poucos recursos financeiros. Através dele é possível o acesso das vias aéreas de maneira mais facilitada e que não tem a finalidade de substituir dispositivos médicos aprovados por entidades de saúde e amplamente comercializados.

Figura 2 – Lâmina laringoscópica AirAngel Blade.



Fonte: AirAngel Blade, 2020.

O produto consiste em uma lâmina polimérica, obtida por impressão 3D (em material ABS, mais resistente, flexível e barato e com maior durabilidade em comparação à outros materiais geralmente usados para impressão) e uma sonda endoscópica (Figura 3) de 5,5mm com *wifi*, lâmpadas LED (*light emitter diode*) e microcâmera em *high definition (HD)*, que pode ser acoplada a um celular *smartphone*, que serve como tela de visualização do procedimento a partir do uso de um aplicativo gratuito, como o Endoscope Camera ®.



Figura 3 – Sonda Endoscópica de 5,5mm.



Fonte: autoria própria, 2024.

A sonda endoscópica é basicamente um equipamento que possui uma microcâmera na ponta de um fio e pode ser conectado a um computador, tablet ou celular, este produto vem sendo amplamente utilizado pela indústria para inspeções em tubulações, motores e máquinas, tendo resistência à água. O material impresso e o equipamento são resistentes à água, podendo ser higienizados e reutilizados após procedimentos com pacientes. O modelo do AirAngel Blade serviu como base para buscar os resultados descritos neste estudo, sendo feito um trabalho de engenharia reversa para encontrar melhorias na peça laringoscópica. Para isso, ele foi impresso e testado (Figura 4).

Figura 4 – Lâmina laringoscópica AirAngel Blade.



Fonte: autoria própria, 2024.

Inicialmente, foram realizados alguns testes em um boneco com auxílio de um médico anestesista, especialista em conduta de intubação de pacientes (Figura 5). A partir dessa análise, buscou-se verificar se o produto atendia as demandas de uma situação real e propor mudanças dimensionais na peça. Ou seja, foi observado se haveria algum prejuízo para o paciente que viesse a ser atendido com a peça original.

Figura 5 – Teste da lâmina laringoscópica AirAngel.



Fonte: autoria própria, 2024.

Através de tais observações médicas foram levantadas ao fim do teste e foi revelado várias oportunidades de melhorias, podendo ser destacado:

1. **Acabamento:** espessura da peça e arestas agudas podem ocasionar lesão ou dificultar a intubação do paciente;
2. **Empunhadura:** punho da lâmina tem um tamanho excedente, e completamente sólido, isso gera um produto mais caro e mais pesado que o necessário;
3. **Campo útil para visualização da glote:** notou-se que o ângulo, o furo de entrada e a posição da câmera poderiam ser ajustados para facilitar visualização da glote;
4. **Inclusão de outra guia:** Para facilitar a intubação uma guia lateral foi inclusa para alinhar e redirecionar a passagem da sonda;
5. **Suavização na curvatura da peça:** melhorar a visualização da glote;

Para melhorar o acabamento, a peça foi completamente revisada com o objetivo de arredondar todas as arestas e, reduzir a espessura da guia lateral do gancho em 4 mm (Figura 6) – no Apêndice A é apresentada a peça e todas as suas especificações técnicas.

Figura 6 – Vista em perspectiva da lâmina original a esquerda e da lâmina nova a direita.



Fonte: autoria própria, 2024.

O tamanho do punho foi reduzido e a sua parte interna foi removida, como forma de reduzir o peso, o custo e o tempo de produção da lâmina laringoscópica. Note que o logotipo do projeto AirAngel, entalhado no punho, foi alterado para o logo do IFMG-GV (Figura 7).

Figura 7 – Vista personalizada da lâmina original a esquerda e da lâmina nova a direita.



Fonte: autoria própria, 2024.

O tamanho do furo, onde passa o endoscópio, foi alterado para 8mm, para haver mais folga para a acomodação do endoscópio – imperfeições de impressão impactavam no encaixe do equipamento. Posicionamento e o ângulo de inclinação também foram modificados. Devido a essas mudanças, também foi necessário fazer a sulcagem do furo (Figura 8).

Figura 8 – Vista personalizada da lâmina original a esquerda e da lâmina nova a direita



Fonte: autoria própria, 2024.

A inclusão de outra guia foi feita próxima a ponta da lâmina, sendo planejada de modo a evitar incômodo ao paciente. Alteração esta que permita uma passagem mais facilitada para a sonda de intubação (Figura 9).

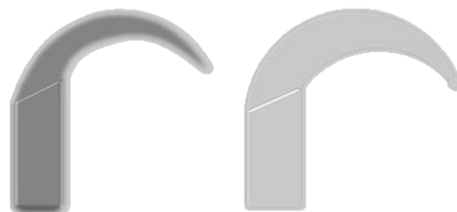
Figura 9 – Vista em perspectiva da lâmina original a esquerda e da lâmina nova a direita.



Fonte: autoria própria, 2024.

O gancho da lâmina foi remodelado, adicionando uma leve inclinação de 2° para suavizar a curvatura, facilitar a visualização da glote e proporcionar maior abertura do gancho, conforme (Figura 10).

Figura 10 – Vista lateral da lâmina original a esquerda e da lâmina nova a direita.



Fonte: autoria própria, 2024.

Assim, o novo projeto desenvolvido passou a requisitar, aproximadamente, 9h de impressão e um consumo de 29.775m. Para a definição de custo do produto desenvolvido, não serão considerados aqueles relacionados ao consumo de energia elétrica, uma vez que este é subsidiado pela instituição federal onde foi produzido, e os de mão-de-obra, pois o projeto foi desenvolvido em caráter voluntário por estudantes de graduação. Quanto ao custo de matéria-prima utilizada, considerando o consumo estimado de filamento, e preço médio praticado no mercado por filamentos de ABS de boa qualidade, que são comercializados por pesos de 1kg, obteve-se o custo estimado de R\$10,35 a cada lâmina produzida na impressora 3D (Tabela 1).

Tabela 1 – Estimativa de custo de matéria-prima.

<b>Material</b>	<b>Espessura do filamento (mm)</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Comprimento (M)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Preço do Rolo (R\$)</b>	<b>Peso do Rolo (g)</b>	<b>Orçamento (R\$)</b>
ABS (rolo de 1kg)	1,75	1,04	29,775	74,48	R\$ 139,00	1000	R\$ 10,35

Fonte: autoria própria, 2024.

Em relação ao preço médio de mercado, incluindo frete, a sonda endoscópica adquirida, com câmera de 5,5mm de diâmetro, custou aproximadamente R\$40,00 (Figura 11). Sendo assim, o produto desenvolvido teve o custo total aproximado de R\$50,00.

Figura 11 – Sonda endoscópica adquirida.



Fonte: autoria própria, 2024.

Um videolaringoscópio portátil, profissional, com reforço de aço inoxidável e com a possibilidade de acoplar diferentes lâminas, de diferentes tamanhos, custa entre R\$14.000,00 e R\$15.000,00. (Figura 12). Ou seja, considerando o valor de R\$14.000,00, o produto desenvolvido custou 280 vezes menos do que é comercializado no mercado.

Figura 12 – Videolaringoscópio profissional.



Fonte: autoria própria, 2024.

O produto desenvolvido permitiu a visualização facilitada da glote do paciente (Figura 13, imagem à esquerda) para posterior intubação (Figura 13, imagem à direita), permitindo um tempo médio de conduta de 1min.

Figura 13 – Uso do videolaringoscópio de baixo custo desenvolvido.



Fonte: autoria própria, 2024.

O uso do produto desenvolvido tem o intuito de possibilitar uma melhora na visualização da laringe, tendo uma redução da manipulação da cabeça e pescoço, com menos força necessária e reduzindo as tentativas de laringoscopia.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho visou o desenvolvimento, por impressão 3D, de um videolaringoscópio de baixo custo. A partir dessa iniciativa, foi possível disponibilizar à comunidade médica um item de custo de 280 vezes mais baixo do que os comercializados e aprovados por entidades de saúde.

Para a realização do estudo, partiu-se de princípio de engenharia reversa de modelo AirAngel Blade de videolaringoscópio, do tipo *open source*, obtido gratuitamente. Os testes realizados em boneco de treinamento hospitalar, mediante a supervisão de médico anesthesiologista, especialista em conduta de intubação, permitiu identificar as adaptações necessárias ao modelo. Com as mudanças incorporadas, a lâmina ganhou melhor acabamento, revisão de empenhadura, maior campo útil de visualização da glote (com suavização da curvatura da peça) e inclusão de outra guia (para redirecionamento de passagem de sonda endoscópica). Tais adaptações facilitaram a conduta de intubação, a baixo custo.

O presente estudo teve a sua continuidade dificultada, especialmente em função da carga horária de trabalho excessiva do médico anesthesiologista, supervisor do trabalho. Fato este justificado pelo número elevado de pacientes mantidos em UTIs, em decorrência das complicações da Covid-19.

Para os trabalhos futuros, sugere-se o levantamento de proporções e adaptações dimensionais da lâmina, de modo que a mesma seja utilizada entre diferentes sexos e faixas etárias. Além disso, é importante desenvolver treinamentos e procedimentos de condutas dos profissionais que venham a utilizar o produto desenvolvido.

Dessa maneira, este estudo demonstrou a sua ampla relevância e aplicabilidade, tornando acessível o uso de videolaringoscópio de baixo custo entre os profissionais. O que reduz o tempo de realização de conduta e elevou a taxa de sucesso aos procedimentos de laringoscopia. Ressalta-se que a intenção do trabalho não é substituir os equipamentos comercializados e aprovados por entidades de saúde. Mas sim, trazer novas possibilidades a instituições que não possuem recursos para ter tais equipamentos.

## REFERÊNCIAS

AIRANGEL BLADE. **3D Video Laryngoscope**. Página inicial. Disponível em: <<https://pt.airangelblade.org/>>. Acesso em: 19 de set. de 2023.

APFELBAUM Jeffrey L. *et al.* **Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway.** *Anesthesiology*, v. 118, n. 2, p. 251-270, 2013.

BASTOS, Leonardo Soares *et al.* **COVID-19 e hospitalizações por SRAG no Brasil: uma comparação até a 12ª semana epidemiológica de 2020.** *Cadernos de Saúde Pública*, v. 36, 2020.

BEZERRA, Leimar Gabriel Maciel. **Intubação acordado no paciente com via aérea difícil prevista.** 2018. 29 f. Trabalho de Conclusão de Residência Médica (Residência Médica em Anestesiologia) – Hospital Geral de Fortaleza, Fortaleza, 2018.

BUCHELE, GUSTAVO TOMAZ *et al* (2015). **Análise dos artigos qualitativos empíricos sobre métodos, técnicas e ferramentas para inovação.** *Revista de Administração Mackenzie*, 16(3), 136-170. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-69712015/administracao.v16n3p136-170>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

CAMPOS, Nataly Gurgel; DA COSTA, Rayana Fialho. **Alterações pulmonares causadas pelo novo Coronavírus (COVID-19) e o uso da ventilação mecânica invasiva.** *Journal of Health & Biological Sciences*, v. 8, n. 1, p. 1-3, 2020.

CAVALCANTE, Vitória Soares Pinho; DUTRA, Luz Marina Alfonso. **Protocolo para Intubação Orotraqueal (IOT) segura na pandemia da COVID-19, no cenário do Sistema Único de Saúde.** *Health Residencies Journal-HRJ*, v. 1, n. 2, p. 62-70, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.51723/hrj.v1i2.23>>. Acesso em: 26 maio 2023.

COOK, T. M. *et al.* **Consensus guidelines for managing the airway in patients with COVID-19: Guidelines from the Difficult Airway Society, the Association of Anaesthetists the Intensive Care Society, the Faculty of Intensive Care Medicine and the Royal College of Anaesthetists.** *Anaesthesia*, v. 75, n. 6, p. 785-799, 2020.

COOK, T. M.; MACDOUGALL-DAVIS, S. R. **Complications and failure of airway management.** *British journal of anaesthesia*, v. 109, n. suppl\_1, p. i68-i85, 2012.

DRIVER, Brian E. *et al.* **Effect of use of a bougie vs endotracheal tube and stylet on first-attempt intubation success among patients with difficult airways undergoing emergency intubation: a randomized clinical trial.** *Jama*, v. 319, n. 21, p. 2179-2189, 2018.

GROSS, Bethany C. *et al.* **Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences.** ACS Publications, 2014.

ISHACK, Stephanie; LIPNER, Shari R. **Applications of 3D printing technology to address COVID-19–related supply shortages.** *The American journal of medicine*, v. 133, n. 7, p. 771, 2020.

JUNIOR, Altair Argentino Pereira. **IMPRESSÃO 3D ALIADA A TECNOLOGIA EM SAÚDE.** *Inova Saúde*, v. 11, n. 1, p. 216-218, 2021. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/Inovasaude/article/download/4279/5633>>. Acesso em: 25 maio 2023.

LACERDA, Tayla Figueiredo *et al.* **Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea.** Brazilian Journal of Health Review, v. 3, n. 1, p. 620-625, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.34119/bjhrv3n1-050>>. Acesso em: 24 maio 2023.

LIVINGSTON, Edward; DESAI, Angel; BERKWITS, Michael. **Sourcing personal protective equipment during the COVID-19 pandemic.** Jama, v. 323, n. 19, p. 1912-1914, 2020.

MARANHÃO, Presidente da ABRAMEDE Regional. **Recomendações para Intubação Orotraqueal em pacientes portadores de COVID-19.** Versão N. 5/2020. Atualizada de 12/05/2020. Disponível em: <<http://abramede.com.br/wp-content/uploads/2020/06/RECOMENDACOES-IOT-V05-120520.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2023.

MARTELLI, Anderson *et al.* **Análise de metodologias para execução de pesquisas tecnológicas.** Brazilian Applied Science Review, v. 4, n. 2, p. 468-477, 2020.

MATOZINHOS, Isabela Penido *et al.* **Impressão 3d: inovações no campo da medicina.** Revista Interdisciplinar Ciências Médicas, v. 1, n. 1, p. 143-162, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **ORIENTAÇÕES SOBRE A INTUBAÇÃO OROTRAQUEAL EM PACIENTES COM COVID-19.** 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/publicacoes-tecnicas/recomendacoes/orientacoes-sobre-intubacao-orotraqueal-em-pacientes-com-covid-19>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MONTEIRO, C.; BRAATZ, A.; SENA, L.; LUIZ, A.; SILVEIRA, G.; NASSIFFE, R.; LARSEN BOGO, D. **Produção de protetores faciais para profissionais de saúde contra o coronavírus.** Extensão Tecnológica: Revista de Extensão do Instituto Federal Catarinense, Blumenau, v. 7, n. 13, p. 156–162, 2020. DOI: 10.21166/rext.v7i13.1231. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/RevExt/article/view/1231>. Acesso em: 28 out. 2023.

MOREIRA, M. A.; RIZZATTI, I. M. Pesquisa em ensino. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática, [S. l.]**, v. 1, p. e020007, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/59>. Acesso em: 16 nov. 2023.

PINTO, Thiago Fernandes; DE CARVALHO, Celso RF. **SARS CoV-2 (COVID-19): lessons to be learned by Brazilian Physical Therapists.** Brazilian journal of physical therapy, v. 24, n. 3, p. 185, 2020.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3d e da sua aplicação na construção civil.** 2016. 93p. Monografia-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019793.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2023.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico.** 1. ed. -- São Paulo: Cortez, 2013.



SIMPLIFY 3D. **Ultimate 3D printing material properties table**. Disponível em: <<https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/properties-table/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2023.

TAKAGAKI, Luiz Koiti. **Tecnologia de impressão 3D**. Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 28-40, 2012.

TURNA, Canan Kamile *et al.* **Comparação de videolaringoscópio com canal e máscara laríngea na intubação traqueal de pacientes obesos: estudo clínico randomizado**. Revista Brasileira de Anestesiologia, v. 70, p. 118-124, 2020.

VATTIMO, Edoardo Filippo de Queiro; LUNARDI, Maria Camila. **Manual do Cremesp de melhores práticas clínicas na covid-19**. São Paulo: Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo, 2020. 165p.

VENTOLA, C. Lee. **Medical applications for 3D printing: current and projected uses**. Pharmacy and Therapeutics, v. 39, n. 10, p. 704, 2014.