

Artigo Original

DOI: <https://dx.doi.org/10.12662/1809-5771RI.126.5552.p141-148.2024>

DESENVOLVIMENTO DE SIMULADOR DE BAIXO CUSTO PARA ENSINO EM CRICOTIREOIDOSTOMIA

RESUMO

A cricotireoidostomia é um procedimento pouco realizado e que costuma ser feito em situações de estresse pois, comumente, é indicado quando não se consegue estabelecer uma via aérea adequada em situações de insuficiência respiratória, condições que prejudicam o treinamento. Desenvolvimento de um simulador de fácil replicação e baixo custo para o ensino na técnica da cricotireoidostomia. Para o desenvolvimento do simulador foi pensando em 3 conceitos fundamentais: baixo custo de fabricação, facilidade de replicabilidade e realismo. Após a realização de pesquisa sobre modelos tridimensionais existentes, definiu-se pelo desenvolvimento de um simulador realístico e funcional em impressora tridimensional baseado em partes anatômicas reais através de modelo tomográfico. Diversos testes relacionados à impressora, material e funcionalidade foram realizados para a definição da concepção final. O produto final foi um simulador realístico impresso em impressora de filamento com movimento em 3 eixos, sendo composto por modelo representando parte inferior da face com o mento, região cervical e início do tórax em tamanho real, placa removível e intercambiável representando modelos de cartilagens tireóide e cricóide com membrana cricotireóide e pele, sendo estas duas partes descartáveis. Os materiais empregados no simulador foram ácido polilático, poliuretano termoplástico, borracha de silicone e esparadrapo impermeável. O conjunto foi disposto em base sintética emborrachada. Todo o modelo levou cerca de 70 horas para ser construído e teve custo final de materiais inferior à R\$ 150,00. Foi desenvolvido um simulador mecânico para treinamento em cricotireoidostomia de aspecto realístico, baixo custo e simples construção.

Palavras-chaves: Treinamento simulado. Impressão em 3D. Educação Médica. Manuseio da via aérea.

1 INTRODUÇÃO

A cricotireoidostomia é um procedimento cirúrgico raro, desafiador e que costuma ser realizado em situações de estresse. Seu uso era mais relacionado a situações de trauma, principalmente os faciais graves. Mas, fundamentalmente, é realizada quando não se consegue estabelecer uma via aérea adequada e o paciente geralmente está em iminência de óbito. Por ser rara, poucos cirurgiões têm experiência em realizá-la, e mesmo aqueles que o já a realizaram, os fizeram por poucas vezes (MOORE,2017).

Francisco Matheus Tavares Fernandes Vieira
Cirurgião Torácico – Hospital Dr. Carlos Alberto Studart Gomes, SESA/CE. Mestre em tecnologia minimamente invasiva e simulação em saúde, Unichristus/CE
<https://orcid.org/0000-0002-1322-712X>
matheus_tfv@hotmail.com

Francisco Martins Neto
Chefe do Serviço de Cirurgia Torácica do Hospital Dr. Carlos Alberto Studart Gomes, SESA/CE. Mestre em tecnologia minimamente invasiva e simulação em saúde, Unichristus/CE
<https://orcid.org/0000-0003-2565-365X>
netotoraxce@gmail.com

Leonardo Cesar Silva Oliveira
Cirurgião Torácico – Hospital Dr. Carlos Alberto Studart Gomes, SESA/CE
Mestrado em Ciências Médicas – UNIFOR/CE
<https://orcid.org/0000-0003-2021-990X>
leonardo@toracica.med.br

Acrísio Sales Valente
Cirurgião Cardiovascular – Hospital Dr. Carlos Alberto Studart Gomes, SESA/CE e Hospital Walter Cantídio - UFC. Doutor em Ciências – USP. Professor de Medicina - Unichristus/CE
<https://orcid.org/0000-0003-2094-8109>
acrisiovalente@yahoo.com.br

Autor correspondente:
Acrísio Sales Valente
E-mail: acrisiovalente@yahoo.com

Data de envio: 27/10/2024
Aprovado em: 26/11/2024

Como citar este artigo:
VIEIRA, F. M. T. F.; NETO, F. M.; OLIVEIRA, L. C. S.; VALENTE, A. S. Desenvolvimento de simulador de baixo custo para ensino em cricotireoidostomia. *Revista Interagir*, v. 19, n. 126, edição suplementar, p. 141-148, abr./maio/jun. 2024. ISSN 1809-5771.

A Pandemia de SARS-CoV-2 trouxe novos desafios e, um desses, foi o manejo da via aérea. Devido à gravidade e, por vezes, a deterioração rápida do quadro respiratório, houve um aumento expressivo na quantidade de pacientes que necessitaram de uma via aérea definitiva (sonda endotraqueal com balonete insuflado conectado a um sistema de ventilação assistida) (CAVALLO, 2020).

A gravidade dos casos de Covid-19, fez com que a intubação desses pacientes necessitasse de tempo reduzidos devido a rápida deterioração respiratória e ausência de reserva pulmonar em apneia, associando-se à sobrecarga e a pouca experiência de muitos desses profissionais com a via aérea, passou-se a aumentar o índice de falhas na realização do procedimento, com consequente deterioração do quadro clínico dos pacientes, finalizando na necessidade de realização de tentativa de estabelecimento de via aérea cirúrgica por cricotireostomia (LIMA, 2020).

A partir de uma necessidade iminente, surgiu a idéia e motivação para a criação de um simulador que pudesse ser utilizado no treinamento profissional, sendo acessível financeiramente e ao mesmo tempo realístico, podendo ser facilmente replicável, vistas as restrições de logísticas impostas pela pandemia.

História da simulação

A simulação se faz presente

há muito tempo na rotina da humanidade, sendo uma das primeiras práticas de simulação da humanidade os exercícios militares, com simulações para preparação para as guerras, estando presentes até o presente momento (BRADLEY, 2006). Com o passar do tempo outras áreas passaram a desenvolver a simulação como método de aperfeiçoar as práticas (BALADEZ, 2009).

A aviação é um dos maiores exemplos do desenvolvimento tecnológico aplicado a simulação, sendo apontada como uma das áreas com simulação mais fidedigna, muito devido ao desenvolvimento de simuladores de alta tecnologia que conseguem mimetizar muitas situações reais, possibilitando o desenvolvimento de habilidades para situações críticas, ajudando a reduzir o risco de acidentes e situações adversas (BRADLEY, 2006).

A simulação passou a ser usada para diversas áreas, não somente para a simulação de situações poucos recorrentes, mas para a área médica principalmente para a parte inicial do aprendizado de habilidades básicas, reduzindo a necessidade do material humano/paciente e/ou animais, melhorando as questões éticas, e fornecendo maior segurança no ensino (BADASH, 2016; GOLDEMBERG, 2018; HAN, 2019).

A simulação tem na sua história demonstrado o poder de modificação de ensino, com o surgimento de modelos históricos que possibilitaram a dissemina-

ção do ensino através de modelos de baixo custo, sendo um dos maiores exemplos a boneca Anne da Laerdal® (COOPER, 2004).

Hoje os simuladores conseguem simular qualquer parte do corpo humano, com reações realísticas, que podem variar da emissão de sons, interações dos manequins, até o sangramento de tecidos que possibilitam a manipulação. As altas tecnologias associadas a alguns desses manequins associa-se a questão do custo, que ainda são um dos fatores impedidores da massificação/disponibilidade (BADASH, 2016).

Simuladores na área médica

Um dos primeiros simuladores a serem desenvolvidos e utilizados foram os de ressuscitação cardiopulmonar, sendo usado para a massificação do ensino das manobras de ressuscitação cardiopulmonar. A partir do sucesso destes primeiros modelos, passou-se a desenvolver manequins procurando uma maior realidade, mas esbarraram inicialmente nos altos preços dos simuladores, fazendo com que os mesmos não prosperassem e disseminassem (COOPER, 2004).

Após esse fracasso inicial dos simuladores que buscaram habilidades mais realísticas, a área da anestesia passou a desenvolver modelos para simulação que conseguiram boa aceitação e consequente disseminação na prática de ensino médico (COOPER, 2004).

Com a maior disponibilidade de modelos, passaram a surgir a necessidade de aprimorar os treinamentos, desenvolvendo metodologias e estudando-se como extrair o melhor de cada modelo, desenvolvendo-se cada vez mais não somente o modelo, mas a metodologia de ensino.

O desenvolvimento das metodologias de ensino associada à disseminação dos simuladores expandiu o seu uso, passando do uso de aprimoramento de habilidade médicas até o ensino de habilidades básicas, com o desenvolvimento de tecnologia que permitem desde o desenvolvimento de habilidades manuais até de interação dos alunos, sendo difundidos nas escolas médicas (MOURA JÚNIOR, 2015; VAIDYA, 2020).

Associação das habilidades de ensino associadas aos modelos de simulação

Com a premissa de que jovens estudantes são pobremente preparados com habilidades médicas antes de terem contato com os pacientes, foram desenvolvidos estudos que passaram a documentar a falta de habilidades em determinadas áreas. Esses estudos demonstraram que os serviços de saúde a qual estes estudantes desenvolvem suas práticas não conseguiam entregar toda as práticas necessárias para os desenvolvimentos das habilidades por partes destes alunos (COOPER, 2004).

As questões éticas do ensi-

no também passaram a entrar no escopo do desenvolvimento de simuladores, sendo mais um fator a impulsionar a inserção desta tecnologia nas escolas médicas.

A aceitação dos métodos de simulação impulsionou o desenvolvimento de simuladores, o que também facilitou a disseminação dos mesmo e a consequente redução de custo, com o surgimento de uma linha de desenvolvimento de simuladores chamados de baixo-custo que visa uma maior acessibilidade, e até simuladores “faça você mesmo” (BADASH, 2016; LIMA, T.H, 2022).

Essa explosão de surgimento de novos simuladores levou a uma nova questão, a necessidade de saber a real capacidade de cada simulador de desenvolver habilidades e sua semelhança com a realidade, tornando necessário o desenvolvimento de metodologias com capacidade de separar quais simuladores realmente acrescentam e ajudam a desenvolver habilidades (MARTINS NETO, 2020; MARTINS NETO, 2021; KAHOL, 2010). Simulação no desenvolvimento de pesquisa

As questões éticas foram um dos grandes motes para os desenvolvimentos dos simuladores, e elas desenvolveram e continuam a se desenvolver. Parte do desenvolvimento da medicina encontrado hoje foi realizado por metodologias que hoje não seriam aceitas.

Os avanços do campo da bioética limitaram os estudos e o

uso de animais para testes e estudos experimentais, encarecendo por vezes o desenvolvimento de tecnologias e de novos estudos experimentais.

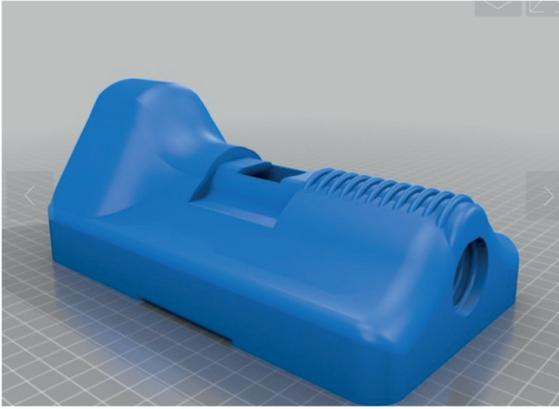
Os simuladores tornaram-se mais uma solução para o desenvolvimento de novas tecnologias, com o desenvolvimento de tecnologias que conseguem mimetizar qualquer parte do corpo, fazendo com que se consiga baratear pesquisas.

Inúmeras vantagens são atribuídas aos simuladores em comparação ao uso de animais, como a redução da necessidade de modelos, tempo em vista que o simulador pode ser usado mais de uma vez, não tendo fatores não controláveis como nos animais. A redução de mão de obra, não necessitando de um biotério com equipe adequada para manutenção (BADASH, 2016;).

São várias as vantagens apontadas com o uso dos simuladores, que com as atuais concepções e exigências bioéticas, possibilitam a redução do custo e facilitam o desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente no campo da cirurgia experimental.

A tecnologia de impressão tridimensional (3D)

A era industrial fez surgir a necessidade de prototipagem para o desenvolvimento de novas tecnologias, e os primeiros artigos relacionados a impressão 3D como modelo de prototipagem são relacionados ao advogado ja-

▶ **Figura 1.** Modelo em C.U.T. Fonte: <https://www.thingiverse.com/thing:2283581>

ponês Hideo Kodama em 1981, com um modelo de prototipagem rápida de fotopolímero. Porém a primeira patente e a primeira impressora 3D funcionando a pleno vapor é atribuída a Charles Hull em 1984, com um modelo de impressora pelo processo de estereolitografia (tecnologia que solidifica resina por luz ultravioleta). Com isso desenvolveu o fatiamento digital e a linguagem STL, comercializando a primeira impressora em 1988. Com o passar dos anos novas patentes foram surgindo e em 1989 Scott e Lisa Crump desenvolveram a tecnologia FDM (modelagem por fusão e deposição), que utilizava a deposição de polímero para elaboração das peças (SAVINI, 2015).

As impressoras 3D comerciais eram muito caras tendo a sua disseminação na década de 1990 ocorrendo em universidades, institutos e organizações que passaram a utilizar a tecnologia 3D para inovações. Porém o maior desenvolvimento de máquinas comerciais se deu nos anos

2000 após o Scott e Lisa Crump retirarem a patente da tecnologia FDM, fazendo com que surgissem máquinas mais acessíveis com códigos abertos e colaborativos, expandindo a acessibilidade da tecnologia 3D.

2 METODOLOGIA

Confecção do modelo 3D.

A base (região cervical)

Para o desenvolvimento do simulador de cricotireostomia foi pensando em 3 conceitos que deveriam fazer parte do produto: baixo custo de fabricação, facilidade de replicabilidade e realismo. Foram pesquisados vários modelos 3D existentes, e a metodologia do Cricothyrotomy Unlimited Trainer (C.U.T.) (FIGURA 1) que foi desenvolvido a fim de baratear o treinamento de enfermeiro e métodos chamou a atenção pela metodologia empregada e pela possibilidade de melhoramento. O C.U.T. utiliza em sua metodologia apenas etil-vinil-acetato (EVA) e esparadrapo para o treinamento do procedimento.

▶ **Figura 2.** Impressora 3D ender 3-pro

Fonte: <https://www.amazon.com.br/Impressora-3d-Creativity-modelo-Premium/dp/B07D218NX3>

A partir do design desse modelo, que englobava apenas a laringe e a traqueia, foi pensado em como torná-lo mais realístico, sendo realizados testes iniciais para a composição da pele a fim de tornar a palpação mais realística. Os testes foram realizados com EVA, borrachas de silicone de várias densidades, sendo escolhido a borracha de silicone rosa 0216A008 da Redelease®.

Após a definição da pele, o próximo passo seria desenvolver o manequim onde a via aérea para treinamento seria inserida. O primeiro passo desta nova etapa seria escolher o modelo a ser usado para ser reconstruído em 3D. Para esse passo seria necessária uma tomografia que incluísse o crânio a cervical e a parte superior do tórax. Foi realizada pesquisa no banco de tomografia pessoal e escolhido inicialmente 5 exames. Após essa primeira seleção, foi analisado a exposição da cervical, para que pudesse ter es-

paço suficiente para a realização do treinamento.

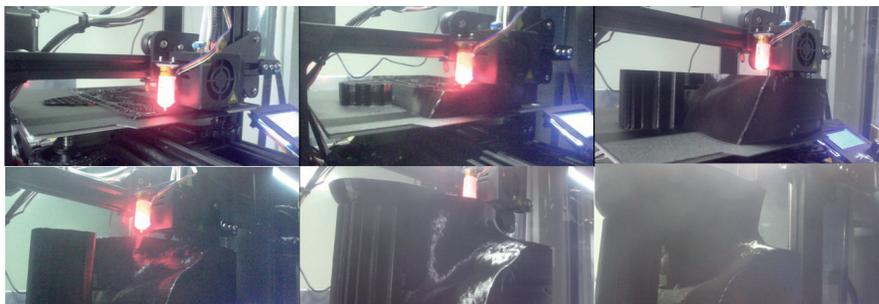
Com a tomografia escolhida o próximo passo foi converter os vários arquivos DCOM em imagem 3D. Para a conversão foram testados os softwares InVer-salius® e Mimics Medical®. Por maior capacidade de recursos foi escolhido o Mimics versão 21.0. E para a edição da malha em 3D foi utilizado o Autodesk Fusion 360® e o 3D Builder®.

Para a impressão do simulador foi escolhido uma impressora de filamento com movimentação em 3 eixos, sendo adquirido o modelo Ender 3 Pro da Creality® (com mesa magnética e Firmware Marlin 1.1.9). A escolha da impressora levou em conta a simplicidade e ter baixo custo e possibilitar modificações conforme a demanda. E como software para fatiar a impressão foi escolhido o software Creality Slicer 4.8.2.

Após as primeiras impressões, foi decidido definir o modelo a ser impresso, sendo optado por inserir parte do modelo C.U.T. dentro da cervical e realizado uma primeira impressão de teste em plástico ABS (resina termoplástica derivada do petróleo formada pela copolimerização de acrilonitrila, butadieno e o estireno) em uma escala de 20% do tamanho original para definir a necessidade de suporte e melhor eixo para impressão

Após falhas de tentativa de impressão com ABS, foi decidido

► Figura 3- Evolução da impressão.



mudar para tentativas com ácido polilático (PLA), material que é impresso com temperaturas menores, estando menos sujeito ao processo de delaminação. Foi realizado configuração de teste sendo decido uma velocidade de impressão de 150mm/s, com preenchimento de 10%, temperatura de extrusão de 210 °C e temperatura da mesa de 80°C, com tempo total de impressão previsto de 46h.

Para evitar desnivelamento foi realizado mais uma atualização na impressora, sendo instalado um segundo eixo de movimentação do eixo Z, fazendo com que a barra de movimentação do bico extrusor subisse nivelado. Após essa última atualização, foi conseguido realizar a impressão do modelo final, que demorou cerca de 47h.

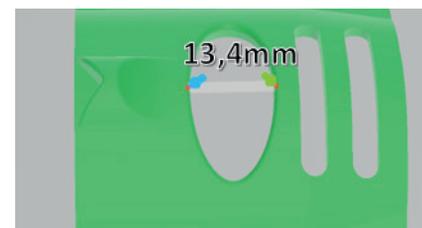
Impressão das cartilagens

A etapa seguinte foi imprimir a tampa da cartilagem por onde passaria o tubo. Após os testes iniciais, não se achou a superfície para palpção semelhante a realidade, sendo realizado através dos programas de conversão de imagens de tomo-

grafia em imagens 3D a separação das cartilagens cricóide e tireoide para serem inseridas na tampa, com adequação do espaço da membrana cricotireoide sendo a mesma da tomografia utilizada como modelo, reduzindo de cerca de 13,4mm no modelo original (Figura 4) para cerca de 9,5mm no modelo com as cartilagens reais (Figura 5 e 6).

Após a definição do modelo foi decidido realizar a impressão em um material flexível, possibilitando a dilatação durante o procedimento e tornando a palpção mais próxima da realidade, sendo realizado a impressão com filamento flexível de poliuretano termoplástico (TPU). Foi realizada a impressão com velocidade de 30mm/s, com uma temperatura de extrusão de 210°C e temperatura de mesa de 60°C (Figura 6).

► Figura 4. Espaço para passagem traqueostomo modelo original



► Figura 5. Espaço para passar traqueóstomo modificado



► Figura 6. Peça final das cartilagens em TPU.



Confecção da pele

Para a confecção da pele foi utilizado um molde inicial de 100 x 100mm de borracha de silicone que foi sendo recortado até alcançar o encaixe ideal no modelo, com a espessura sendo definida em cerca de 4mm para que ocorresse um encaixe adequado. Após a confecção do molde em borracha foi retirado as medidas e desenhado uma forma em impressora 3D para que se pudesse confeccionar os modelos igualmente, sendo impressos 40 moldes para a confecção, com um tempo de produção médio de 15 minutos por molde de PLA.

Para a produção das peças que simularia a pele foi utilizado a mistura da borracha de silicone líquida com o catalisador e despejado nos moldes, demorando cerca de 24 horas para o endure-

cimento total, com rendimento de 1 Kg de borracha de silicone rendendo cerca de 30 peças (Figura 7).



► Figura 7. Modelo de pele final.

A membrana

Para simular a membrana cricotireoide foi utilizado esparadrapo impermeável de 5cm por 4,5 metros (Figura 8).



► Figura 8. Esparadrapo simulando a membrana cricotireoide

Aspecto final

O modelo foi disposto em placa de EVA com velcro (Figura 9 e 10).



► Figura 9. Modelo preso a placa de EVA por velcro adesivo



► Figura 10. Mesa preparada para o procedimento

3 RESULTADOS

Simulador

O simulador teve custo total de impressão de R\$ 139,05, sendo constituído pelas seguintes partes:

a. Cervical

Modelo impresso em PLA reproduzindo a cervical, indo do lábio inferior até a fúrcula esternal, com abertura em região cervical anterior para acesso a traqueia, com uma tampa contendo as cartilagens tireoide e cricóide para a passagem do traqueóstomo.

b. Base

Base de EVA, para apoio do modelo.

c. Forma

Forma impressa com PLA para servir de molde para confecção da parte do simulador referente a pele da cervical.

d. Borracha de silicone

Borracha líquida utilizada como matéria prima para confeccionar o modelo da pele.

e. Esparadrapo

Utilizado para simular a membrana cricotireoide,

ficando localizado entre o espaço na cervical e a tampa contendo as cartilagens.

O modelo é constituído por partes reutilizáveis e por partes descartáveis. O custo das partes reutilizáveis foi de R\$ 122,05. O custo de material descartável por aplicação foi de R\$ 1,45. O modelo foi submetido a mais de 200 aplicações sem necessidade de troca de nenhuma parte, apresentando resistência e durabilidade.

4 DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento do simulador existiam as opções de produção de um simulador “seco” ou de um simulador “úmido” (KATAYMA 2019), os simuladores secos são o que são constituídos por materiais que simulam algumas partes da anatomia, enquanto os simuladores úmidos são geralmente partes de outros animais anestesiados, partes de animais ex-vivos, ou de cadáveres humanos (BADASH ET AL 2016). No Brasil devido a legislação e aos princípios bioéticos o uso de cadáveres humanos ou de animais vivos anestesiados são restritos, além de apresentarem custos elevados. Foi optado pelo desenvolvimento de um simulador seco constituído pelo maior número de partes reutilizáveis, com a finalidade de obter-se um produto final de baixo custo com fácil reprodutibilidade e baixo custo por aplicação, além de ter a vantagem de ser facilmente aplicado em qualquer lugar sem preocupações higiênicas e de descartes que as peças de animais ex-vivos exigem.

A maioria dos simuladores de baixo custo apresentam uma baixa fidedignidade, sendo uma controvérsia na literatura a capacidade de aprendizado com os simuladores de baixo custo e baixa fidedignidade comparado com os simuladores de alta fidedignidade, porém com custo elevado (URDIALES 2020). Com a preocupação de tentar aliar baixo custo e alta fidedignidade foi desenvolvido um modelo com uso de tecnologia de impressão 3D, que possibilitou que fossem reproduzidas as partes reais de um ser humano através de uma tomografia retirado do banco de dados do autor, sendo reproduzido em escala real a região cervical e as cartilagens cricóide e tireoide, e espaço cricotireoideiano por onde era executado o procedimento.

O custo de impressão das partes fixas do simulador foi de 77,05 reais no ano de 2023, sendo a placa de EVA com custo de 45 reais opcional para servir de base. O custo por aplicação do material descartável foi de 1,45 reais. Comparando o custo do simulador com os simuladores de alta fidedignidade disponíveis no mercado como o Mega-Code Kelly Advanced da Laerdal® que apresenta o custo de 10.669,00 dólares no ano de 2023, podemos considerar o simulador desenvolvido de baixo custo pois apresenta valor equivalente em dólar de aproximadamente 9,08 dólares, com custo por aplicação de aproximadamente de 0,29 dólares.

Em conclusão, foi desenvolvido um simulador para treinamento em cricotireoidostomia de aspecto realístico e de baixo custo. Em seguimento deste processo de produção será iniciado

estudo onde o simulador será avaliado para validação associado a um modelo de treinamento na técnica cirúrgica.

REFERÊNCIAS

- BADASH, I. et al. Innovations in surgery simulation: A review of past, current and future techniques. *Annals of Translational Medicine*, v. 4, n. 23, p. 1–10, 2016.
- BALADEZ, F. O passado, o presente e o futuro dos simuladores Fasci-Tech. [s. l.], 2009.
- BRADLEY, P. Medical education history The history of simulation in medical education and possible future directions. [s. l.], p. 254–262, 2006. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02394.x>
- CAVALLO, J. J.; DONOHO, D. A.; FORMAN, H.P. Hospital capacity and operations in the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic—planning for the Nth patient. *JAMA Health Forum* 2020. doi: 10.1001/jamahealthforum.2020.0345.
- COOPER, J. B.; TAQUETI, V. R. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. [s. l.], 2004.
- C.U.T. Thinkerverse.com, 2022. Disponível em: <<https://www.thinkingiverse.com/thing:2283581>>. Acesso em: 10 de Novembro de 2022.
- GOLDENBERG, M.; LEE, J. Y. Surgical Education, Simulation, and Simulators—Updating the Concept of Validity. *Current Urology Reports*, [s. l.], v. 19, n. 7, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11934-018-0799-7>
- HAN, J. J.; PATRICK, W. L. See one—practice—do one—practice—teach one—practice: The importance of prac-

ting outside of the operating room in surgical training. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, v. 157, n. 2, p. 671–677, 2019.

Impressora Ender 3. Amazon.com, 2022. Disponível em :<https://www.amazon.com.br/Impressora-3d-Creality-modelo-Premium/dp/B07D218NX3>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

KAHOL, K. et al. Quantitative evaluation of retention of surgical skills learned in simulation. *Journal of Surgical Education*, v. 67, n. 6, p. 421–426, 2010.

KATAYAMA, A. *et al.* A high-fidelity simulator for needle cricothyroidotomy training is not associated with increased proficiency compared with conventional simulators A randomized controlled study. *Medicine (United States)*, [s. l.], v. 98, n. 8, p. 1–6, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014665>

LIMA, D. S. et al. Alternatives for establishing a surgical airway during the covid-19 pandemic. *Revista do Colegio Brasileiro de Cirurgioes*, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 1–7, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20202549>

LIMA, T.H et al. Desenvolvimento de simulador para Cateterização Endovascular de

Carótidas. *Brazilian Journal of Development, Curitiba*, v.8, n.7, p. 49305-49318, jul., 2022

MARTINS NETO, Francisco. Desenvolvimento de Simulador de Cavidade Torácica para o Ensino de Habilidades Práticas em Cirurgia Torácica Minimamente Invasiva. *Disertação (Mestrado*

Profissional)- Centro Universitário Unichristus, Fortaleza,p. 94 2020.

MARTINS NETO, et al. Development and validation of a simulator for teaching minimally

invasive thoracic surgery in Brazil. *Acta Cir Bras.* 2021;36(5):e360508.

MOORE E.E.; FELICIANO, D.V.; MATTOX, K.L.(Eds.), (2017). *Trauma*, 8e. McGraw Hill.

MOURA JÚNIOR, Luiz Gonzaga de. Modelo acadêmico de ensino teórico-prático em vídeo cirurgia,por meio de novo simulador real de cavidade abdominal. 2015.202f.Tese (Doutorado em Cirurgia) - Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SAVINI, A.; MEMBER, S.; SAVINI, G. G. A Short History of 3D Printing , a Technological Revolution Just Started. 2015 ICOHTEC/IEEE International History of High-Technologies and their Socio-Cultural Contexts Conference (HISTELCON), [s. l.], p. 1–8, [s. d.]. Available at: <https://doi.org/10.1109/HISTELCON.2015.7307314>

URDIALES, A. I. A. *et al.* Surgical cricothyroidostomy. Analysis and comparison between teaching and validation models of simulator models. *Revista do Colegio Brasileiro de Cirurgioes*, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 1–9, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20202522>

VAIDYA, A. et al. Current status of technical skills assessment tools in surgery: a systematic review. *Journal of Surgical Research*, v. 246, p. 342–378, 2020.