

Desenvolvimento e validação de um simulador de traqueostomia de baixo custo

Development and validation of a low-cost tracheostomy simulator

Kassio Silva Temperly¹, Cecilia Hissai Yaegashi¹, Ana Maria de Lara da Silva¹, Eduardo Murilo Novak¹ ✉

¹ Departamento de Medicina Forense e Psiquiatria, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.

Como citar este artigo (How to cite this article):

Temperly KS, Yaegashi CH, Silva AML, Novak EM. Desenvolvimento e validação de um simulador de traqueostomia de baixo custo (*Development and validation of a low-cost tracheostomy simulator*). *Sci Med*. 2018;28(1):ID28845. <http://doi.org/10.15448/1980-6108.2018.1.28845>

RESUMO

OBJETIVOS: Desenvolver e validar um simulador de baixo custo para treinamento de traqueostomia associado a um aplicativo para *smartphone* que possa ser utilizado para o ensino na graduação médica.

MÉTODOS: O desenvolvimento do simulador denominado TraqueoSim compreendeu etapas de protótipos e moldes, definindo processos e materiais que melhor se assemelhassem aos tecidos humanos e ainda exibissem a característica de baixo custo. O modelo é composto por manequim externo de plástico, peças internas e pele feita de borracha de silicone. O aplicativo associado ao manequim, denominado TraqueoSim *app*, foi programado em *HTML/CSS/JavaScript* e disponibilizado inicialmente para *Android*[®], sendo possível seu futuro desenvolvimento para *iOS*. Suas funcionalidades compreendem orientar o procedimento, interagir com o usuário e gerar um relatório de avaliação de desempenho. O produto final foi submetido a teste de validação de face e de conteúdo utilizando um questionário com escala de zero a 10. A amostra compreendeu 10 professores do curso de medicina da Universidade Federal do Paraná separados em dois grupos de cinco participantes, de acordo com a experiência em traqueostomia. Foram analisados os dados obtidos em cada pergunta e então realizada a comparação entre os dois grupos utilizando o método de Mann-Whitney.

RESULTADOS: O custo total do simulador foi de aproximadamente R\$ 254,00 (em torno de US\$ 78,00 ao câmbio de janeiro de 2018), com custo de R\$ 1,70 (aproximadamente US\$ 0,34) por procedimento. O teste de validação sinalizou resultados satisfatórios quanto à simulação da técnica (média de 9,38±0,396 pontos em uma escala de zero a 10, sendo zero a pior e 10 a melhor avaliação) e da experiência do uso (média de 9,36±0,361 pontos). Além disso, os participantes aprovaram o uso do aplicativo associado (média de 9,27±0,153 pontos) e afirmaram que o simulador pode ser utilizado no ensino médico (média de 9,8±0,422 pontos).

CONCLUSÕES: O teste de validação permitiu inferir boa aceitação do TraqueoSim e de seu aplicativo, mostrando-se uma alternativa de baixo custo e efetiva para o ensino na graduação médica. Seu conceito pode ser reproduzido em novos projetos na área de simulação médica, diante da perspectiva de crescimento dessa modalidade de ensino.

DESCRITORES: traqueostomia; treinamento por simulação; educação médica.

ABSTRACT

AIMS: To develop and validate a low-cost simulator for tracheostomy training associated with a smartphone application that can be used for undergraduate education in medical schools.

METHODS: The development of the so called TraqueoSim simulator comprised stages of prototypes and molds, defining processes and materials that best resemble human tissues and still have the characteristic of low cost. The model consists of an external plastic mannequin, inner parts and skin made of silicone rubber. The app associated with the mannequin, called TraqueoSim app, was programmed in *HTML/CSS/JavaScript* made available initially for *Android*[®], the expansion for *iOS* being possible as a next step. Its functionalities include guiding the procedure, interacting with the user and generating a performance evaluation report. The final product was submitted to a face and content validation test using a zero to 10 scale questionnaire. The sample comprised 10 lecturers of the medical course of the Federal University of Paraná separated into two groups of five participants, according to experience in tracheostomy. The values obtained in each question were analyzed considering the total sample. Then, the data of the two groups were compared using the Mann-Whitney method.

RESULTS: The total cost of the simulator was approximately 78.00 USD, with a cost of 0.34 USD per procedure. The validation test indicated satisfactory results regarding the simulation of the technique (mean of 9.38±0.396 points, in a zero- to 10-point scale, with zero being the worst and 10 the best score) and the experience of using it (mean of 9.36±0.361 points). In addition, participants approved the use of the associated application (mean of 9.27±0.153 points) and stated that the simulator can be used in medical education (mean of 9.8±0.422 points).

CONCLUSIONS: The validation test allowed to infer good acceptance of TraqueoSim and its correspondent app, representing a low cost, effective alternative for medical teaching. Its concept can be reproduced in new projects in the area of medical simulation, considering the perspective of growth of this type of teaching.

KEYWORDS: tracheostomy; simulation training; education, medical.

Recebido: 14/10/2017

Aceito: 30/01/2018

Publicado: 22/02/2018

✉ **Correspondência:** eduardonovak@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2480-0737>

Rua Padre Camargo, 280, 6º andar – Bairro Alto da Glória
CEP 80060-240, Curitiba, PR, Brasil



Este artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a publicação original seja corretamente citada. http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

Abreviaturas: *app*, *application* (aplicativo); TNT, tecido não tecido; UFPR, Universidade Federal do Paraná.

INTRODUÇÃO

A história da simulação como instrumento de ensino é antiga e bem desenvolvida em algumas áreas, como a da aviação e a militar [1]. Na área de saúde, apesar de o desenvolvimento de simuladores não ter se dado no mesmo ritmo [2], percebe-se atualmente uma atmosfera mais receptiva ao desenvolvimento e uso dessa estratégia de ensino [3], com muitas instituições passando a investir na criação de centros voltados a um ambiente de aprendizado baseado em técnicas e equipamentos de simulação [4, 5].

O interesse crescente nessa área resulta de uma vasta lista de benefícios para os pacientes, as instituições de ensino, os profissionais de saúde e a sociedade em geral. Entre estes, pode-se citar a possibilidade de evitar maiores desconfortos ou riscos ao paciente, as curvas de aprendizado mais curtas e os menores custos [6]. As demandas éticas por maior responsabilidade com as vidas envolvidas no atendimento médico e com os cadáveres utilizados no ensino também figuram entre os principais propulsores do interesse em simuladores [3, 7]. Outra vantagem didática é a possibilidade de análise dos erros cometidos pelo estudante. Estando protegido pelo ambiente simulado, seus erros deixam de ser onerosos para terceiros e passam a lhe ser proveitosos, permitindo que ele próprio identifique lacunas em seus conhecimentos e/ou habilidades [4]. No entanto, vale ressaltar a importância da figura do professor ao tratar adequadamente os erros cometidos, para que estes não tragam prejuízos à formação do estudante.

Além disso, não havendo garantia de que todos os estudantes vivenciarão oportunidades de aprender no mundo real determinadas habilidades (tanto técnicas como não técnicas), a existência de pacientes, ambientes ou situações simuladas permitem que o ensino médico seja integral, tanto no contexto da graduação quanto da residência [8]. Por fim, além de ser extremamente útil no ensino e no treinamento, a simulação pode ter uma ótima função no processo de avaliação dos estudantes, pela possibilidade de padronizar situações e procedimentos [6].

Existem muitos tipos de simuladores, cada qual com suas características e funções distintas. Nem todos os utilizados atualmente são de alta fidelidade, pois o alto custo desses equipamentos torna-os inviáveis a

muitos programas de educação médica. É comum, por exemplo, estudantes aplicarem suas primeiras injeções em laranjas, ou mesmo realizarem procedimentos mais complexos, como artroscopia, coletando sementes do interior de frutas. A escolha do simulador mais apropriado deve levar em conta o objetivo do treinamento desejado e o perfil do aluno, sendo que muitas vezes os simuladores de baixa fidelidade não conseguem substituir os modelos de alta fidelidade – como manequins, cadáveres e animais – no treinamento de procedimentos mais complexos e profissionais mais experientes [2, 3, 9, 10].

Outro aspecto relevante a considerar na escolha do simulador diz respeito ao procedimento: apesar de apresentarem material de alta qualidade, muitos modelos disponíveis no mercado possuem as limitações de não simularem todos os tempos do procedimento e não representarem todas as estruturas anatômicas envolvidas e importantes no aprendizado. No caso deste estudo, por exemplo, considerando o procedimento de traqueostomia, o equipamento ideal deve simular estruturas como a musculatura cervical anterior e a glândula tireoide, seja como marcos anatômicos, seja como estruturas nobres que devem ser preservadas.

Uma grande limitação dos modelos físicos atuais e do acesso das instituições a esses equipamentos é o custo excessivamente elevado e a dependência do fornecedor para reposição das peças de consumo. Surge assim o risco de uma instituição possuir simuladores em seu inventário, mas não poder usá-los pelo alto custo de manutenção. Esses empecilhos são os maiores motivadores para o desenvolvimento de modelos acessíveis, de fácil confecção e reposição.

Além dos modelos físicos, outras estratégias no ensino médico com simulação podem ser utilizadas para melhorar os resultados do processo de aprendizagem, como o conceito de *blended learning*. Nessa abordagem, associa-se o ensino teórico tradicional com tecnologia de informação. Algumas das possibilidades seriam o uso de áudios, vídeos, avaliações e tutoriais *online*, entre outros. A intenção é aumentar o comprometimento do aluno, promovendo maior interatividade e fornecendo outras ferramentas de aprendizado [11, 12].

Em geral, as vantagens do ensino com simuladores são largamente aceitas. Entretanto, é interessante que haja validação didática do equipamento antes de sua aplicação [13]. A literatura traz vários relatos e descrições de experiências com validação de simuladores [6], existindo basicamente cinco tipos de métodos de validação [14]. Entre os mais aplicados em simuladores médicos está o de validação de conteúdo [15-17].

Nessa categoria, analisa-se a aplicabilidade do simulador como uma modalidade de ensino, podendo-se utilizar a avaliação formal por profissionais experientes. Outro método atualmente usado como forma de aferir a validade de conteúdo é a validação de face, onde avaliadores não experientes determinam o realismo de um simulador, ou se o equipamento representa o que deveria representar [15].

O ensino de habilidades na área médica torna-se geralmente mais efetivo quando o conteúdo teórico é associado ao prático. Este é o caso da traqueostomia, que é um procedimento geralmente eletivo de restauração do fluxo aéreo, mediante incisão cirúrgica dos anéis traqueais e canulamento da via aérea [18]. Diante do exposto, a proposta de desenvolver um novo simulador de traqueostomia visa contornar o obstáculo do preço elevado e dependência do fabricante para reposição de peças. Além disso, visa incentivar o desenvolvimento local de simuladores médicos, adaptados às necessidades pedagógicas específicas de cada realidade. Sendo assim, o objetivo deste projeto foi desenvolver e validar um simulador de baixo custo para treinamento de traqueostomia, associado a um aplicativo para *smartphone*, que pudesse ser utilizado para o ensino na graduação médica.

MÉTODOS

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR) sob número 56832516.1.0000.0096/1.663.003. O estudo envolveu as seguintes etapas: desenvolvimento do simulador e do aplicativo, realização de teste de validação e análise estatística dos dados obtidos.

Desenvolvimento do simulador TraqueoSim

O desenvolvimento do simulador do procedimento de traqueostomia – intitulado TraqueoSim – compreendeu etapas de protótipos e moldes, definindo processos e materiais que melhor se assemelhassem aos tecidos humanos e ainda exibissem a característica de baixo custo. O modelo final é composto por manequim de plástico de busto, pescoço e cabeça, preenchimento cervical com espuma e material têxtil, traqueia “contínua” de borracha de silicone, cartilagens laríngeas de massa epóxi, glândula tireoide de plastisol, tecido subcutâneo de borracha de silicone e pele “dual” de material fibroso tecido-não-tecido (TNT), associado a borracha de silicone (Figura 1).

O modelo tem base em um manequim de plástico comumente utilizado em lojas de roupas e acessórios.



Figura 1. Aspecto externo do simulador para treinamento de traqueostomia TraqueoSim (Fonte: os autores).

Suas medidas são 41×30×23 cm, sendo constituído de cabeça, pescoço e busto. Para alojar as peças internas do simulador, foi aberta uma janela retangular na porção cervical anterior de 11,5×9,5 cm. A base do pescoço foi serrada transversalmente para permitir a fixação da cabeça em hiperextensão, conforme o procedimento de traqueostomia exige. Para tanto, foi confeccionada uma articulação usando tala metálica de 20 cm, facilmente encontrada em serviços de ortopedia e traumatologia, fixada por rebites.

O preenchimento cervical foi feito com bloco de espuma, moldado de maneira a simular a musculatura da região, revestido com tecido costurado ao bloco. O bloco de espuma tem 22×13×6 cm e foi cortado a fim de adquirir um formato de “U”. O preenchimento torácico e cefálico foi feito com espuma expansível de poliuretano e adesivo de montagem branco.

O conceito “contínuo” da traqueia refere-se ao fato de permitir diversas replicações do procedimento – até 10 traqueostomias – na mesma peça. Isso é possível devido a uma alteração no comprimento da traqueia se comparado à anatomia humana. A traqueia de borracha de silicone foi produzida utilizando um molde de resina com o negativo de uma traqueia autoclavável encontrada em equipamentos de ventilação mecânica.

As cartilagens laríngeas foram desenvolvidas em massa epóxi e moldadas manualmente, de forma a se encaixarem sobre a traqueia, podendo ser destacadas com facilidade. A tireoide, em plastisol, mede aproximadamente 6×1,5 cm, sendo o diâmetro do seu istmo de 0,4 cm. A característica fundamental é a presença do istmo e a adequação do seu diâmetro ao sulco entre os anéis traqueais do modelo, a fim de se tornar praticamente impalpável. Para o tecido

subcutâneo foi utilizada uma película de silicone vermelha em formato retangular.

A pele possui um conceito “dual”, contendo duas superfícies diferentes que lhe atribuem características distintas. Apresenta formato aproximadamente elíptico, com raios medindo 20 cm e 14,5 cm. As superfícies são constituídas de fina película de borracha de silicone com textura de couro, que confere elasticidade, e TNT, aderido na porção posterior, de modo a proporcionar resistência a corte e tração.

Nas etapas finais foi realizado acabamento nas bordas da abertura do pescoço utilizando massa epóxi, e também colocação de botões de parafusos encapados com epóxi para fixação da pele. Foi elaborado um manual de instruções, que acompanha o simulador para orientar o seu uso e a reposição dos materiais de consumo, como pele e traqueia.

Desenvolvimento do aplicativo para *smartphone*

O aplicativo para *smartphone* – TraqueoSim *app* – foi construído em uma plataforma de desenvolvimento gratuito e de código aberto denominada *Phonegap* e disponibilizado na loja de aplicativos *Google Play*. A linguagem de programação utilizada foi o *HTML*, junto com o *CSS* e o *JavaScript*. Apresenta funções de acompanhar em tempo real a realização da cirurgia, explicar cada etapa do procedimento, permitir captura de fotos e anotações, produzir e enviar um relatório com parâmetros que permitem avaliação de desempenho e apresentar informações teóricas.

O aplicativo possui três telas principais (**Figura 2**). A tela inicial contém um cabeçalho com o nome do

aplicativo. Logo abaixo, um botão de “Informações”, que apresenta uma caixa de diálogo com a descrição do objetivo da aplicação, sua versão e autores. No centro da tela inicial encontra-se um botão com o texto “Iniciar Procedimento!”

A segunda tela é a do procedimento. Tem por função apresentá-lo passo a passo, possuindo um cabeçalho com a identificação da etapa em que o aluno está. Ao centro da tela encontra-se a descrição da etapa e imagens ilustrativas. Ao clicar sobre as imagens, o usuário pode visualizá-las de forma ampliada; clicando novamente, elas voltam ao tamanho original. Sob as imagens, o usuário encontra uma flecha para a esquerda e uma para a direita, que permitem sua navegação pelas etapas, separadas por um cronômetro centralizado. Logo abaixo existe uma barra de progresso. Finalmente, essa tela traz um botão em forma de “X” que tem por função cancelar o procedimento e voltar para a tela inicial; um botão com a figura de uma máquina fotográfica que tem por função abrir a câmera do dispositivo a fim de capturar uma imagem para cada etapa (opcional); e um botão com o desenho de um papel e um lápis, que direciona a aplicação para a tela onde o relatório será gerado.

A terceira é a tela de relatório, que tem por função coletar as últimas informações necessárias para gerar o documento. Em seu topo apresenta uma frase explicativa e, abaixo, campos editáveis para que o usuário informe quais são os membros da equipe, o professor e seus endereços de e-mail. O usuário também pode preencher um campo informando intercorrências ou dificuldades enfrentadas, caso deseje. Feito isso o aplicativo apresentará a prévia do relatório. Ao final da tela estão três botões: o primeiro permite que o

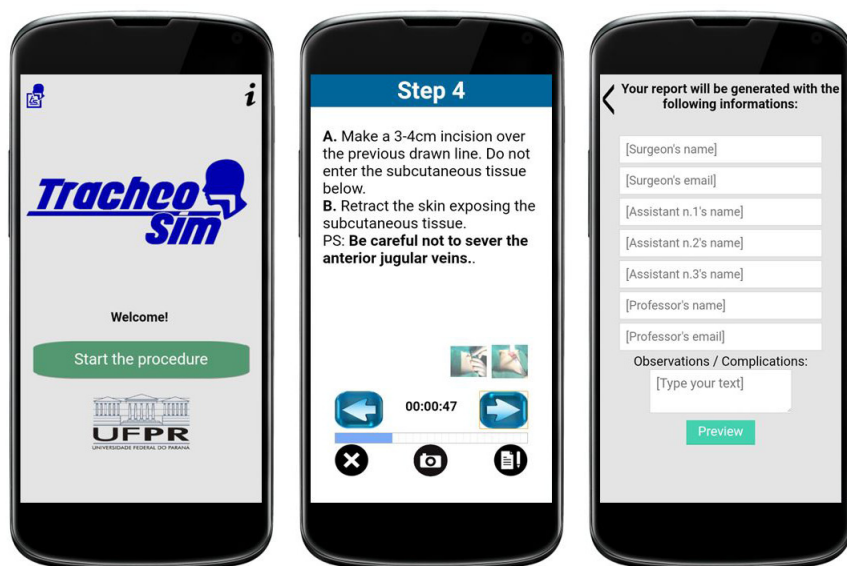


Figura 2. TraqueoSim *app* (Fonte: os autores).

aplicativo retorne à tela de procedimento (no mesmo ponto onde parou); o segundo abre o aplicativo de e-mail configurado no dispositivo, anexa todas as fotos capturadas, preenche os campos de endereços de e-mail dos destinatários e insere todo o relatório no corpo do e-mail. O último botão permite ao usuário voltar à tela inicial, cancelando assim todo o processo. O relatório enviado contém os seguintes dados: nomes de todos os integrantes da equipe (limitado a quatro), nome do professor, descrição de cada etapa cumprida, tempo de execução de cada etapa, imagem capturada em cada etapa (opcional) e observações/intercorrências.

Teste de validação

Para avaliação do valor didático do projeto desenvolvido foi proposto um teste de validação, consistindo de experimentação do modelo, aplicação de um questionário e posterior análise dos dados obtidos. O teste de validação foi realizado entre agosto e setembro de 2016.

Os sujeitos da pesquisa foram convidados pessoalmente para participar dos testes de validação do simulador. Um total de 10 indivíduos concordaram em fazer parte do estudo, sendo todos professores do curso de medicina da UFPR, situada na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. Todos já possuíam relação profissional prévia com os pesquisadores. A amostra foi dividida em dois grupos de cinco participantes: um dos grupos incluiu professores que já haviam realizado mais de 100 procedimentos de traqueostomia, tendo realizado pelo menos duas no último ano. O outro grupo consistiu de professores com até cinco procedimentos de traqueostomia ao longo da vida profissional, não tendo realizado nenhuma no último ano. Todos os participantes da pesquisa apresentavam experiência no ensino em simulação clínica ou cirúrgica, não tendo sido discriminado o tipo nem o tempo de experiência nessa modalidade de ensino.

Os testes foram padronizados e realizados em aproximadamente uma hora, em sessões individuais com cada participante. Foi entregue uma embalagem fechada do TraqueoSim e um *smartphone* com o aplicativo instalado. Após a leitura do manual, o procedimento foi iniciado tendo como guia o TraqueoSim *app*, com auxílio cirúrgico de um dos pesquisadores. Em cada etapa foram capturadas imagens da execução para a posterior criação do relatório final pelo aplicativo. As **Figuras 3, 4 e 5** representam algumas etapas da realização da traqueostomia no simulador. Em seguida à execução do procedimento, o participante preencheu

um questionário e lacrou-o em envelope próprio, para posterior análise dos resultados.

O questionário aplicado era composto de 32 questões, distribuídas em quatro sessões: (1) perguntas referentes à reprodutibilidade da técnica cirúrgica de traqueostomia no TraqueoSim; (2) referentes à experiência vivenciada pelo usuário durante a execução do procedimento; (3) relacionadas ao *app*; e (4) relacionadas à aplicabilidade do modelo de simulação desenvolvido.

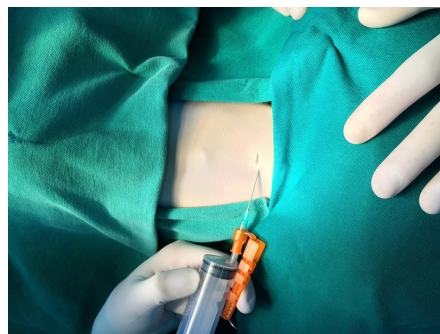


Figura 3. Simulação da aplicação de anestesia local no TraqueoSim (Fonte: os autores).

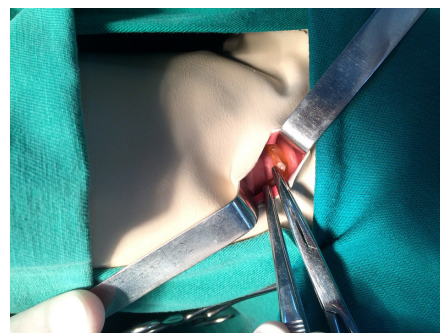


Figura 4. Manipulação da glândula tireoide no TraqueoSim (Fonte: os autores).

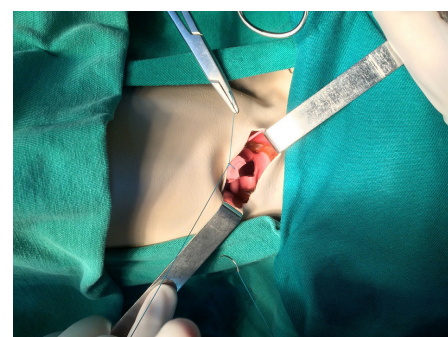


Figura 5. Fixação do flap traqueal no TraqueoSim (Fonte: os autores).

Análise de dados

Foram analisados valores mínimos, máximos, médias, medianas e desvios padrão obtidos em cada uma das perguntas do questionário, considerando a amostra total de 10 participantes. As respostas seguiram uma escala de zero a 10, sendo zero a pior e 10 a melhor avaliação. Depois, foi realizada a comparação das respostas dos dois grupos utilizando o método de Mann-Whitney.

RESULTADOS

O custo total de desenvolvimento do simulador foi de aproximadamente R\$ 650,00 (em torno de US\$ 200,00 ao câmbio de janeiro de 2018). Nesse valor estão inclusos diversos materiais testados sem sucesso, como as diferentes composições da pele e traqueia, preenchimentos do pescoço e diferentes tipos de embalagem. Também são inclusos os materiais consumidos nos testes de desenvolvimento: fios cirúrgicos, lâminas de bisturi, peles e traqueias. O simulador final possui custo de aproximadamente R\$ 254,00 (US\$ 78,00), sendo o custo por procedimento de R\$ 1,70 (em torno de US\$ 0,34).

Os valores mínimos, máximos, médias, medianas e desvios padrão obtidos para cada uma das perguntas do questionário aplicado aos 10 participantes são apresentados nas **Tabelas 1, 2, 3 e 4**. Esses valores compreendem a amostra total, sem separação entre os grupos.

A comparação entre os dois grupos da amostra não apresentou diferença estatisticamente significativa em nenhuma das perguntas. Durante a execução dos testes,

sugestões envolvendo alterações pontuais no simulador e no aplicativo foram dadas pelos participantes diretamente aos pesquisadores.

As perguntas referentes à simulação da técnica cirúrgica de traqueostomia receberam avaliações médias acima de 8,7. Destaca-se a pergunta relacionada à incisão da pele, que recebeu média 9,8. As perguntas associadas ao posicionamento do paciente e manipulação da tireoide receberam as menores médias, sendo elas 8,9 e 8,7, respectivamente (**Tabela 1**).

Os tópicos do questionário referentes à experiência de simulação vivenciada pelo usuário receberam médias semelhantes, acima de 8,8. A pergunta de melhor média do grupo, 9,9, referia-se à fixação da cânula. Destaca-se também a questão relacionada à incisão da pele, que obteve 9,6. O item referente à manipulação da tireoide teve média de 8,8 (**Tabela 2**).

As perguntas direcionadas às características do *app* quanto interface, navegação, instruções para as etapas e fotos ilustrativas obtiveram valor médio de 9,27 (**Tabela 3**).

Quanto à aplicação do TraqueoSim como material didático, a média dos valores das respostas para esse quesito ficou em 9,8. Os componentes do TraqueoSim, como manual, embalagem e logomarca, receberam médias de 9,78, 10 e 9,5, respectivamente. Além disso, ao serem questionados sobre a relevância da traqueostomia na área médica, os participantes atribuíram média 10. Por fim, a pergunta com relação ao interesse em utilizar outros simuladores com o mesmo conceito do TraqueoSim também recebeu média 10 (**Tabela 4**).

Tabela 1. Perguntas e respostas obtidas no teste de validação em relação à reprodutibilidade da técnica cirúrgica de traqueostomia no simulador TraqueoSim.

Nº	Pergunta	Nota mínima	Nota máxima	Média	Mediana	Desvio padrão
1	Posicionamento do paciente	5	10	8,9	9	1,520
2	Palpação das referências anatômicas	8	10	9,4	9,5	0,699
3	Incisão da pele	9	10	9,8	10	0,422
4	Divulsão do tecido entre a pele e a traqueia	8	10	9,3	10	0,949
5	Manipulação da tireoide	7	10	8,7	9	1,160
6	Incisão dos anéis traqueais	8	10	9,3	9	0,675
7	Fixação do <i>flap</i> traqueal	8	10	9,4	10	0,843
8	Colocação da cânula	9	10	9,7	10	0,483
9	Fixação da cânula	9	10	9,9	10	0,316

Notas atribuídas pelos participantes seguindo uma escala de zero a 10, sendo zero a pior e 10 a melhor avaliação. Valores mínimos, máximos, médias, medianas e desvios-padrão obtidos para cada pergunta considerando os 10 voluntários do estudo.

Tabela 2. Perguntas e respostas obtidas no teste de validação em relação à experiência vivenciada pelo usuário no uso do simulador para treinamento de traqueostomia TraqueoSim.

Nº	Pergunta	Nota mínima	Nota máxima	Média	Mediana	Desvio padrão
10	Posicionamento do paciente	5	10	8,9	9,5	1,660
11	Palpação das referências anatômicas	8	10	9,3	9,5	0,823
12	Incisão da pele	8	10	9,6	10	0,699
13	Divulsão do tecido entre a pele e a traqueia	7	10	9,1	10	1,290
14	Manipulação da tireoide	6	10	8,8	9	1,320
15	Incisão dos anéis traqueais	8	10	9,5	10	0,707
16	Fixação do flap traqueal	9	10	9,5	9,5	0,527
17	Colocação da cânula	8	10	9,6	10	0,699
18	Fixação da cânula	9	10	9,9	10	0,316

Notas atribuídas pelos participantes seguindo uma escala de zero a 10, sendo zero a pior e 10 a melhor avaliação. Valores mínimos, máximos, médias, medianas e desvios-padrão obtidos para cada pergunta considerando os 10 voluntários do estudo.

Tabela 3. Perguntas e respostas obtidas no teste de validação em relação ao TraqueoSim app.

Nº	Pergunta	Nota mínima	Nota máxima	Média	Mediana	Desvio padrão
19	Interface e navegação	8	10	9,3	9,5	0,823
20	Instruções para as etapas	8	10	9,4	9,5	0,699
21	Fotos ilustrativas	4	10	9,1	10	1,850

Notas atribuídas pelos participantes seguindo uma escala de zero a 10, sendo zero a pior e 10 a melhor avaliação. Valores mínimos, máximos, médias, medianas e desvios-padrão obtidos para cada pergunta considerando os 10 voluntários do estudo.

Tabela 4. Perguntas e respostas obtidas no teste de validação em relação à aplicabilidade do modelo de simulação para treinamento de traqueostomia TraqueoSim.

Nº	Pergunta	Nota mínima	Nota máxima	Média	Mediana	Desvio padrão
22	O modelo pode ser aplicado como material didático para a graduação?	9	10	9,8	10	0,422
23	O modelo permite o aprendizado das técnicas de Traqueostomia?	9	10	9,8	10	0,422
24	O relatório gerado pode ser útil para posterior <i>feedback</i> ao aluno?	9	10	9,8	10	0,422
25	O custo de produção do modelo (cerca de R\$ 250,00) é satisfatório?	9	10	9,9	10	0,316
26	O custo por procedimento (cerca de R\$ 1,70) é satisfatório?	10	10	10	10	0
27	A reposição dos materiais de consumo (pele e traqueia) é viável para o usuário?	8	10	9,6	10	0,843
28	O manual do usuário é claro e apresenta todas as informações necessárias?	9	10	9,778	10	0,441
29	A prática dos procedimentos de traqueostomia é de grande relevância para a graduação de Medicina?	10	10	10	10	0
30	Gostaria de utilizar outros simuladores desenvolvidos com o mesmo conceito?	10	10	10	10	0
31	A embalagem é funcional?	10	10	10	10	0
32	A marca e logo são apropriados?	5	10	9,5	10	1,580

Notas atribuídas pelos participantes seguindo uma escala de zero a 10, sendo zero a pior e 10 a melhor avaliação. Valores mínimos, máximos, médias, medianas e desvios-padrão obtidos para cada pergunta considerando os 10 voluntários do estudo.

DISCUSSÃO

Neste estudo, foi desenvolvido um modelo físico para treinamento do procedimento de traqueostomia, intitulado TraqueoSim, associado à um aplicativo para *smartphone* (TraqueoSim *app*) com os objetivos de fornecer uma alternativa de baixo custo e ser aplicável ao ensino na graduação médica. Após o desenvolvimento, foi realizado um teste de validação com um grupo de 10 professores médicos da UFPR. De uma forma geral, as respostas demonstraram a boa aceitação do modelo físico, tanto da experiência quanto da técnica cirúrgica, e das funcionalidades do aplicativo.

Em relação ao custo, o TraqueoSim mostrou-se significativamente mais barato em comparação à média do mercado. Simuladores com a mesma finalidade, encontrados na busca ativa por sites de equipamentos médicos, oscilam entre aproximadamente R\$ 2.000,00 (US\$ 620,00) a R\$ 13.000,00 (US\$ 4.020,00), com média estimada de R\$ 7.500,00 (US\$ 2.320,00) [19-24]. Dessa forma, um dos objetivos principais do projeto, o baixo custo, foi alcançado. Além disso, a presença de um manual do usuário com explicações de como fabricar as peças de consumo também contribui para diminuição dos gastos com manutenção.

Com relação à aceitação e aplicabilidade do modelo, as avaliações obtidas acerca de técnica e experiência vivenciada permitem identificar os pontos fortes e fracos do simulador físico. O bom desempenho da pele dual nos testes possibilita expandir seu uso para outros simuladores ou procedimentos, inclusive podendo ser utilizada como peça de reposição em equipamentos de outros fabricantes. Em contrapartida, a glândula tireoide, que recebeu a menor avaliação dentre as estruturas anatômicas, pode ser revista e submetida a melhorias, com estudo de outros materiais e ferramentais.

Com relação ao aplicativo, evidenciou-se, através da boa avaliação da funcionalidade de relatório para *feedback*, um importante uso no processo de ensino. A associação do aplicativo com o simulador guia o aluno/ usuário a uma utilização mais realista do manequim, orientando-o em relação à paramentação cirúrgica e cuidados com antisepsia, reforçando o “contrato de ficção” existente nos cenários de simulação [25]. Também, explora o imaginário, fazendo referência a estruturas anatômicas e potenciais complicações não simuladas na parte física do TraqueoSim, como uma hemorragia por lesão de vasos. Por fim, adiciona informações teóricas sobre as intercorrências precoces e tardias mais frequentes.

Destaca-se também a pergunta com relação ao interesse em utilizar outros simuladores com o mesmo conceito do TraqueoSim, que recebeu média 10, apontando para a possível existência de um amplo campo para o desenvolvimento de projetos similares. No Brasil, isso já vem acontecendo em diversas instituições, com a criação de modelos de treinamento de habilidades de baixa complexidade, como punção venosa [26], ou mesmo alta complexidade, como interpretação de exames de imagem com órgãos simulados [27]. Logo, o posicionamento dos participantes reflete a tendência crescente do uso de simuladores no ensino médico. Também, reflete a boa aceitação do conceito da interatividade usuário-simulador-aplicativo, um conceito ainda pouco explorado nos recursos existentes, que geralmente se limitam a interatividades usuário-simulador ou usuário-aplicativo.

Existem diversas limitações a esse tipo de estudo, visto que não há valores normatizados de linha de corte para aceitação do simulador como válido ou não. Além disso, pode haver um viés de seleção, pois profissionais que não acreditam no ensino por simulação podem ser menos propensos a se voluntariarem para os testes [6]. Entretanto, a importância desses estudos reside em demonstrar o crescimento e aprimoramento da simulação e, conseqüentemente, do ensino, dentro das diferentes realidades das universidades, que demandam não só equipamentos eficientes, mas principalmente que demonstrem praticidade e facilidade na reposição dos insumos.

Uma limitação específica deste estudo está relacionada ao dimensionamento da amostra, principalmente devido à dificuldade de encontrar profissionais que se dispusessem a dispender o tempo necessário para participar do estudo. O número pequeno de participantes pode ser uma das explicações para a discreta variação entre as respostas dadas aos questionamentos e a ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Além disso, não se descarta um possível viés de seleção devido ao convite dos participantes ter sido feito por conveniência. Também, os professores convidados eram de uma única universidade, limitando a generalização dos resultados a outras instituições. A comparação dos grupos pode ter sido influenciada pela possível falta de homogeneidade da amostra quanto à experiência do participante no ensino com simulação clínica ou cirúrgica, independentemente de sua experiência na execução de traqueostomia em pacientes reais.

Em conclusão, a análise geral dos testes de validação permite inferir boa aceitação do TraqueoSim e de seu aplicativo no contexto da UFPR, mostrando-se

uma alternativa de baixo custo e efetiva para o ensino médico da graduação. Em função principalmente das limitações do estudo, novos estudos são necessários para aumentar a validade externa do projeto. Diante da perspectiva de crescimento dessa modalidade de ensino, o presente trabalho aponta para a existência de espaço para novos desenvolvimentos locais e nacionais, podendo-se reproduzir o conceito do TraqueoSim em outras áreas de simulação médica.

NOTAS

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos, pelo apoio no projeto e ajuda no desenvolvimento dos materiais junto ao Curso de Design da UFPR; ao acadêmico de Medicina Bruno Bonat Cardoso pelo apoio na elaboração do conceito do projeto; ao Bacharel em Desenho Industrial/Design Digital Yuri Nicolaiko pelas contribuições relativas à identidade visual do aplicativo para smartphone; ao estatístico Ricardo Peterle pela colaboração na

tabulação e análise dos dados obtidos; ao Laboratório de Técnica Operatória e Cirurgia Experimental da UFPR e ao Laboratório de Treinamento e Simulação da UFPR pela disponibilização de suas instalações para realização dos testes.

Apoio financeiro

Este estudo não recebeu apoio financeiro de fontes externas.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses relevantes ao conteúdo deste estudo.

Contribuições dos autores

Todos os autores fizeram contribuições substanciais para concepção, ou delineamento, ou aquisição, ou análise ou interpretação de dados; e redação do trabalho ou revisão crítica; e aprovação final da versão para publicação.

Disponibilidade dos dados

Os autores declaram ter tido acesso a todos os dados obtidos e assumem completa responsabilidade pela integridade destes resultados.

REFERÊNCIAS

1. Satava RM. Historical review of surgical simulation – a personal perspective. *World J Surg.* 2008;32(2):141-8. <https://doi.org/10.1007/s00268-007-9374-y>
2. Bradley P. The history of simulation in medical education and possible future directions. *Med Educ.* 2006;40(3):254-62. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02394.x>
3. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Acad Med.* 2003;78(8):783-8. <https://doi.org/10.1097/00001888-200308000-00006>
4. Varga CRR, Almeida VdC, Germano CMR, Melo DG, Chachá SGF, Souto BGA, Fontanella BJB, Lima VV. Relato de experiência: o uso de simulações no processo de ensino-aprendizagem em medicina. *Rev Bras Educ Med.* 2009;33:291-7. <https://doi.org/10.1590/S0100-55022009000200018>
5. Bradley P, Bligh J. Clinical skills centres: where are we going? *Med Educ.* 2005;39(7):649-50. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2005.02189.x>
6. Schout BM, Hendriks AJ, Scheele F, Bemelmans BL, Scherpbier AJ. Validation and implementation of surgical simulators: a critical review of present, past, and future. *Surg Endosc.* 2010;24(3):536-46. <https://doi.org/10.1007/s00464-009-0634-9>
7. Gomes AP, Rego S, Palácios M, Siqueira-Batista R. Análise bioética do uso de recém-cadáveres na aprendizagem prática em medicina. *Rev Assoc Med Bra.* 2010;56:11-6. <https://doi.org/10.1590/S0104-42302010000100008>
8. Lane JL, Slavin S, Ziv A. Simulation in Medical Education: A Review. *Simulation & Gaming.* 2001;32(3):297-314. <https://doi.org/10.1177/104687810103200302>
9. Wong J, Bhattacharya G, Vance SJ, Bistolarides P, Merchant AM. Construction and validation of a low-cost laparoscopic simulator for surgical education. *J Surg Educ.* 2013;70(4):443-50. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2013.02.004>
10. Molho DA, Sylvia SM, Schwartz DL, Merwin SL, Levy IM. The Grapefruit: An Alternative Arthroscopic Tool Skill Platform. *Arthroscopy.* 2017;33(8):1567-72. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.03.010>
11. Herbert C, Velan GM, Pryor WM, Kumar RK. A model for the use of blended learning in large group teaching sessions. *BMC Med Educ.* 2017;17:197. <https://doi.org/10.1186/s12909-017-1057-2>
12. Picciano AG. Blended learning: Implications for growth and access. *Journal of Asynchronous Learning Networks.* 2006;10(3):95-102.
13. McDougall EM. Validation of surgical simulators. *J Endourol.* 2007;21(3):244-7. <https://doi.org/10.1089/end.2007.9985>
14. Cook DA, Zendejas B, Hamstra SJ, Hatala R, Brydges R. What counts as validity evidence? Examples and prevalence in a systematic review of simulation-based assessment. *Adv Health Sci Educ Theory Pract.* 2014;19(2):233-50. <https://doi.org/10.1007/s10459-013-9458-4>
15. Sakakushev BE, Marinov BI, Stefanova PP, Kostianev SS, Georgiou EK. Striving for Better Medical Education: the Simulation Approach. *Folia Med (Plovdiv).* 2017;59(2):123-31. <https://doi.org/10.1515/folmed-2017-0039>
16. Hung AJ, Zehnder P, Patil MB, Cai J, Ng CK, Aron M, Gill IS, Desai MM. Face, content and construct validity of a novel robotic surgery simulator. *J Urol.* 2011;186(3):1019-24. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.04.064>

17. Huang C, Cheng H, Bureau Y, Agrawal SK, Ladak HM. Face and content validity of a virtual-reality simulator for myringotomy with tube placement. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2015;44:40. <https://doi.org/10.1186/s40463-015-0094-2>
18. Durbin CG Jr. Indications for and timing of tracheostomy. *Respir Care*. 2005;50(4):483-7.
19. NASCO. LIFE/FORM® Adult Patient Education Tracheostomy Care Manikin [Internet]. United States; 2017 [cited 2017 Nov 24]. Available from: <https://www.enasco.com/product/LF01168U>
20. NASCO. LIFE/FORM® Cricothyrotomy Simulator [Internet]. United States; 2017 [cited 2017 Nov 24]. Available from: <https://www.enasco.com/product/LF00994U>
21. 3B SCIENTIFIC. Simulador de Habilidades de Intubação e Traqueostomia LIFE/FORM® NG [Internet]. Joinville; 2017 [cited 2017 Nov 24]. Available from: https://www.3bscientific.com/lifeform-ng-tube-trach-skills-simulator-w99834-lf01174u_p_1455_14397.html
22. NASCO. LIFE/FORM® Tracheostomy Care Simulator [Internet]. United States; 2017 [cited 2017 Nov 24]. Available from: <https://www.enasco.com/product/LF01083U>
23. GT Simulators. Tracheotomy Trainer Manikin [Internet]. Davie; 2017 [cited 2017 Nov 24]. Available from: <http://www.gtsimulators.com/Tracheotomy-Trainer-Manikin-p/sb45067u.htm>
24. SIMULAIDS. Critical Airway Management Trainer [Internet]. Saugerties; 2017 [cited 2017 Nov 24]. Available from: <https://www.simulaids.com/product/101-060>
25. Iglesias AG, Pazin-Filho A. Emprego de simulações no ensino e na avaliação. *Medicina (Ribeirão Preto)*. 2015;48(3): 233-40. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v48i3p233-240>
26. Hübner GSS. Desenvolvimento de um manequim simulador de punção venosa para educação na saúde: da ideia ao protótipo [dissertation]. [Porto Alegre]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2015. Available from: <http://hdl.handle.net/10183/139416>
27. Silva HCM. Desenvolvimento de objeto simulador antropomórfico do pâncreas para uso em medicina nuclear [dissertation]. [Brasília]: Universidade de Brasília; 2015. 66 p. Available from: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/18662> 