

O Uso de um Simulador para o Ensino de Ventilação Mecânica

Title: The Use of a Simulator for the Teaching of Mechanical Ventilation

Tatiana de Assis Girardi
Universidade Federal de Santa Catarina
taty_assis@yahoo.com.br

Daniel Girardi
Universidade Federal de
Santa Catarina
d.girardi@ufsc.com

Jefferson Luiz Brum Marques
Universidade Federal de Santa Catarina
jefferson.marques@ufsc.com

Resumo

Os ventiladores mecânicos atuais são sistemas complexos controlados por microprocessadores. Essa sofisticação requer adequado manuseio, conhecimento sobre as indicações e os ajustes dos parâmetros. Porém, treinar futuros profissionais da saúde é uma tarefa difícil, porque envolve seres humanos, os procedimentos são complexos e a infraestrutura necessária é de alto custo. Portanto, diante das dificuldades encontradas para o ensino e o treinamento em ventilação mecânica invasiva, este trabalho teve como objetivos: 1) desenvolver um software (o Simulador Didático de Ventilação Mecânica, que é um simulador virtual baseado na web para auxiliar o processo de aprendizagem em ventilação mecânica invasiva; 2) avaliar se o Simulador Didático de Ventilação Mecânica pode auxiliar no ensino de ventilação mecânica invasiva e 3) avaliar se um sistema cross-plataform é atrativo para o uso em sala de aula. Para desenvolver o simulador, foram realizadas quatro etapas: 1) Revisão de literatura; 2) Extração e análise das sugestões dos trabalhos selecionados; 3) Desenvolvimento do simulador e 4) Estudo piloto com o Simulador Didático de Ventilação Mecânica. O estudo piloto com o simulador foi realizado com acadêmicos de fisioterapia e os resultados obtidos com o questionário, revelaram que mesmo sendo necessários ajustes no layout, na navegabilidade e no acréscimo de recursos, o simulador teve uma aceitação muito boa pelos acadêmicos, que relataram que o uso do simulador promoveu maior interesse e motivação para o aprendizado do assunto ventilação mecânica invasiva. Os acadêmicos poderão se beneficiar com mais uma opção de simulador virtual baseado na web que está disponibilizado gratuitamente e em sua versão completa. Dessa forma, possibilitará aos acadêmicos ficarem mais próximos daquilo que encontrarão em sua prática profissional, através de uma atividade interativa e contextualizada com a teoria, auxiliando o processo de aprendizagem em ventilação mecânica invasiva.

Palavras-chaves: Ventilação mecânica invasiva; Simulação; Fisioterapia; Ensino.

Abstract

Current mechanical fans are complex systems controlled by microprocessors. This sophistication requires proper handling, knowledge of the indications and parameter settings. However, training future healthcare professionals is a difficult task because it involves human beings, procedures are complex, and the necessary infrastructure is costly. Therefore, in view of the difficulties encountered in teaching and training in invasive mechanical ventilation, this work had as objectives: 1) to develop a software (the Didatic Simulator of Mechanical Ventilation, which is a virtual simulator based on the web to help the learning process in invasive mechanical ventilation , 2) to evaluate if the

Cite as: Girardi, T.A., Girardi, D. & Marques, J.L.B. (2020). *The Use of a Simulator for the Teaching of Mechanical Ventilation (O Uso de um Simulador para o Ensino de Ventilação Mecânica)*. *Brazilian Journal of Computers in Education (Revista Brasileira de Informática na Educação - RBIE)*, 28, 297-318. DOI: 10.5753/RBIE.2020.28.0.297

Didactic Simulator of Mechanical Ventilation can assist in the teaching of invasive mechanical ventilation and 3) to evaluate if a cross-platform system is attractive for use in the classroom. In order to develop the simulator, four steps were performed: 1) Literature review; 2) Extraction and analysis of the suggestions of the selected works; 3) Development of the simulator and 4) Pilot study with the Didactic Simulator of Mechanical Ventilation. The pilot study with the simulator was carried out with physiotherapy students and the results obtained with the questionnaire revealed that even though adjustments were required in the layout, navigability and increase of resources, the simulator had a very good acceptance by the academics, who reported that the use of the simulator promoted greater interest and motivation for learning the invasive mechanical ventilation subject. Academics will benefit from yet another free web-based virtual simulator option that is available for free and in its full version. In this way, it will enable academics to be closer to what they will find in their professional practice, through an interactive activity and contextualized with theory, aiding the learning process in invasive mechanical ventilation.

Keywords: Invasive mechanical ventilation; Simulation; Physiotherapy; Teaching.

1 Introdução

Ventilação mecânica (VM) é o processo de suporte ou substituição da respiração espontânea para o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória aguda (IRpA) ou crônica agudizada (Junior & Carvalho, 2007). A IRpA é uma causa comum de internação na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e em condições graves, a ventilação mecânica invasiva (VMI) é necessária. A VMI ocorre através de um ventilador, que fornece fluxo de ar para os pulmões do paciente. Ventiladores usados em adultos utilizam de pressão positiva para inflar os pulmões, através de uma prótese na via aérea que pode ser um tubo orotraqueal, nasotraqueal ou cânula de traqueostomia (Junior & Carvalho, 2007; Ferrer & Pelosi, 2012; Fialkow et al., 2016).

Com os avanços da informática e da tecnologia, os ventiladores mecânicos mudaram não só na aparência como também no sistema de funcionamento, com muitas opções de modos ventilatórios, recursos e interfaces avançados. Os ventiladores mecânicos atuais são sistemas complexos controlados por microprocessadores. Essa sofisticação requer adequado manuseio, conhecimento sobre as indicações e os ajustes dos parâmetros, pois pacientes mecanicamente ventilados têm alto risco de mortalidade. Por isso, as técnicas de ventilação mecânica e os modos de ventilação devem ser escolhidos não apenas com base na patologia pulmonar, hemodinâmica, oxigenação e mecânica pulmonar, mas também na familiaridade do profissional de saúde que manuseia o ventilador mecânico (Hasan, 2010; Hess & Kacmarek, 2014; Lino et al. 2016).

No entanto, Schroedl et al. (2012) descrevem que existem lacunas no ensino de VMI e por isso há acadêmicos e profissionais da área da saúde que não possuem conhecimento adequado sobre o manuseio de pacientes em VMI. O treinamento insuficiente pode ser a causa deste problema, como o que foi descrito no trabalho de Tallo et al. (2017), onde dos 806 participantes, 89% disseram não ter recebido informação e treinamento suficientes para o manuseio de um paciente em ventilação mecânica; 46% sentiram que não havia profissionais para ensinar o assunto; 69% afirmaram que teriam dificuldades em ligar um ventilador e 77% disseram que temeriam pela segurança do paciente caso necessitassem iniciar a ventilação mecânica.

Treinar futuros profissionais da saúde é uma tarefa difícil, porque envolve seres humanos, os procedimentos são complexos e a infraestrutura necessária é de alto custo (Tori et al., 2018). A complexidade dos cuidados de saúde, combinado ao tempo curto de treinamento dos futuros profissionais de saúde, indicam a necessidade de novos modelos de educação médica. O modelo tradicional de ensino, tem se concentrado em “ensinar o certo”, não utilizando de um modelo para ensinar através dos erros (Satava, 2008). Por isso, nas duas últimas décadas observou-se um crescimento do uso da simulação na educação médica (Gaba, 2004).

A simulação é uma abordagem que tem a vantagem de fornecer um ambiente de aprendizado seguro, com conteúdo padronizado, reproduzível e com níveis de complexidade (West & Parchoma, 2017). Essa abordagem prática é considerada uma experiência educacional mais completa quando comparada com a aprendizagem somente através de livros, artigos e imagens. Lino et al. (2016) e Madathil et al. (2017), afirmam que as ferramentas educativas de base tecnológica, têm demonstrado benefícios, como redução de tempo de aprendizagem e melhores resultados de aprendizagem.

As simulações realistas que utilizam de ventiladores mecânicos reais adaptados a manequins são uma alternativa para o processo de ensino-aprendizagem em VMI (Lino et al., 2016). Porém, esses ventiladores, simuladores e manequins utilizados, normalmente são caros e exigem um ambiente adequado para a instalação desses recursos e para o manuseio, limitando o acesso (Dubovi, Levy & Dragan, 2017). Assim, considerando as restrições de um treinamento em VMI em uma UTI, surgem os simuladores virtuais de ventilação mecânica, como alternativa para auxiliar no aprendizado em VMI. Os simuladores virtuais são normalmente de baixo custo, o local para a utilização é mais flexível e abrange um maior número de acadêmicos, professores e profissionais de saúde (Lino et al., 2016).

Portanto, diante das dificuldades encontradas para o ensino e o treinamento em VMI, esse trabalho teve como objetivos: 1) desenvolver um *software* (o Simulador Didático de Ventilação Mecânica - SDVM), que é um simulador virtual baseado na *web* para auxiliar o processo de aprendizagem em VMI; 2) avaliar se o SDVM pode auxiliar no ensino de VMI e 3) avaliar se um sistema *cross-plataform* é atrativo para o uso em sala de aula.

Neste artigo, são descritos o processo de desenvolvimento do SDVM baseado no princípio de *software* e código livre (*open-source*), os recursos disponíveis no simulador para serem usados durante o processo de aprendizagem e o estudo piloto conduzido com acadêmicos de fisioterapia a fim de avaliar a aplicabilidade do simulador.

Este artigo está organizado em seções. A seção 2 descreve a simulação na informática educacional e os tipos de simuladores médicos. Na seção 3 são apresentados alguns trabalhos relacionados. Na seção 4 são descritos os métodos e cada etapa realizada. Na seção 5 são apresentados os resultados e discussões. Por fim, na seção 7 são apresentadas as conclusões e os direcionamentos para trabalhos futuros.

2 Simulação na Informática Educacional

A geração que está frequentando o Ensino Superior nos dias atuais, é compreendida por jovens entre 18 a 35 anos e são conhecidos como Geração Y ou como Nativos Digitais, porque é uma geração que cresceu sob as influências do avanço tecnológico e da Internet e está sempre conectada, seja dentro ou fora das salas de aulas. Essa geração passa a maior parte de suas vidas usando alguma ferramenta da era digital, gastando menos de 5000 horas lendo e mais de 10000 horas de suas vidas cercados e utilizando computadores, internet, videogames, celulares e todos os outros dispositivos digitais (Prensky, 2001; Biscardi & Rondina, 2017). Diante disso e do rápido avanço tecnológico, os educadores vêm enfrentando o desafio de se capacitarem para ensinar e garantir o conhecimento e a habilidade dos alunos dessa Geração Y (Ravert, 2002).

Por isso, de acordo com Borges, Nogueira e Barbosa (2015), a comunidade científica vem discutindo cada vez mais a inclusão da informática como apoio ao processo educacional. Assim, os assuntos de pesquisa mais abordados nas conferências internacionais na área de Informática na Educação, foram os jogos educacionais, dispositivos móveis (*mLearning*), sistemas adaptativos e

simuladores. Dentre os tópicos de pesquisa nas conferências nacionais, o assunto mais abordado foi a utilização de *software* como auxílio ao ensino e aprendizado e avaliações de sua efetividade. Observa-se então, um crescimento da utilização de estratégias de ensino-aprendizagem que usem as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs).

Freitas e Almeida (2012, p.32) afirmam que:

Uma nova prática pedagógica deverá mostrar que a utilização das TIC's na escola precisa ser feita de maneira interativa e não apenas expositiva, ou seja, o aluno deve atuar sobre as tecnologias, interagindo, pesquisando, interpretando, refletindo, construindo e agregando conhecimentos. Ela inicia, mas vai muito além do uso das mídias para a simples exposição de conteúdo, como substitutos de cartazes ou da própria lousa.

A partir da ideia de que a aprendizagem representa uma transformação de comportamento, buscaram-se também, formas de fornecer experiência aos alunos. Com os avanços contínuos na tecnologia e na medicina, na fabricação de *hardware* e em design de *softwares*, os simuladores estão sendo aperfeiçoados para oferecer replicação virtual e realista dos procedimentos, técnicas e exames. As simulações são ferramentas de aprendizagem e, quando validadas quanto à precisão e ao resultado do aprendizado, podem ser valiosas para o ensino na saúde (Holzinger, Kickmeier-Rust, Wassertheurer & Hessinger, 2009).

Assim, a simulação quando integrada a matriz curricular, permite novas abordagens para o ensino e prática na área da saúde. De acordo com Dal Sasso et al. (2015) e Scholtz e Hughes (2019), três domínios de aprendizagem devem ser observados no processo de ensino-aprendizagem utilizando a simulação, conforme a categorização taxonômica de Bloom (Bloom & Krathwohl, 1956):

- Cognitivo (saber): envolve o conhecimento e o desenvolvimento de competências e habilidades intelectuais. São as intervenções didáticas com *feedback*;
- Afetivo (sentimento): estimulando a reflexão do aluno, a maneira pela qual o aluno lida com a emoção, sentimentos, valores, entusiasmos, motivações e atitudes;
- Psicomotor (fazer): é referente a habilidade motora, coordenação, estruturação de equipes e estímulo à aprendizagem colaborativa. O desenvolvimento dessas habilidades exigem prática e é medido em termos de velocidade, precisão, distância, procedimentos e técnicas.

Os alunos podem então, usar simuladores para prever, planejar, organizar, avaliar uma situação e a tomada de decisão rápida, treinar e melhorar as habilidades psicomotoras, desenvolver o trabalho em equipe e a liderança (Scholtz & Hughes, 2019). Além disso, a simulação pode ser aplicada tanto no ensino quanto na avaliação, pois permite atividades práticas, onde são possíveis a avaliação tanto do conhecimento quanto da competência (Flores, Bez & Bruno, 2014).

Portanto, a simulação tem representado uma boa estratégia de ensino na saúde, que de acordo com o trabalho de Beal, Kinnear, Anderson, Martin, Wamboldt & Hooper (2017), a simulação quando comparada com outros métodos de ensino é significativamente mais efetiva, apresentando um ganho de 49,9% nas medidas de desempenho clínico.

2.1 Tipos de Simuladores Médicos

Os simuladores podem ser de diversos tipos variando de modelos de resina e de baixa tecnologia a simuladores de alta tecnologia. A escolha de qual utilizar depende da complexidade da tarefa e da habilidade a ser treinada (Lane, Slavin & Ziv, 2001; Bradley, 2006; Pazin & Scarpelini, 2007).

Existem os simuladores de tarefas parciais que representam apenas uma parte do corpo e usados para auxiliar na aquisição de habilidades técnicas e psicomotoras em procedimentos mais simples, como punção venosa, cateterismo, sutura, entre outros (Bradley, 2006). As vantagens desses simuladores, é que permitem o treinamento repetitivo de uma habilidade ou tarefa, o que pode facilitar a retenção das informações (Acton, 2015).

Um outro tipo de simulação é a que usa pacientes simulados ou padronizados. Nesse tipo de simulação, são necessários indivíduos previamente selecionados e treinados para representar um paciente com precisão e consistência na reprodução dos sintomas (Acton, 2015). Esse tipo de simulação é mais utilizado para treinar anamnese, exame físico, comunicação de notícias, segurança do paciente e para realizar avaliações do desempenho dos acadêmicos frente a situação simulada (Pazin & Scarpelini, 2007).

Há também os simuladores baseados em manequins, os quais podem ser de baixa e média fidelidade, porque apresentam apenas em uma região do corpo, como cabeça e pescoço. Mas existem também, os de alta fidelidade que são manequins mais completos. Nestes, os manequins são de corpo inteiro, possuem alta tecnologia e imitam a anatomia e a fisiologia humanas, com aparência e textura do corpo semelhantes às de seres humanos. São incorporados sofisticados *softwares*, que podem fornecer parâmetros fisiológicos, como olhos responsivos, vozes, movimentos dos braços e sons do coração e da respiração, associados aos movimentos de tórax. Além disso, os componentes internos do manequim podem interagir com vários tipos de monitores e dispositivos hospitalares, incluindo máquinas de anestesia, ventiladores mecânicos e desfibriladores. Portanto, esses manequins podem ser usados para ensinar ciências básicas, como farmacologia e fisiologia, bem como para ensinar administração de medicamentos, ressuscitação cardiopulmonar, intubação endotraqueal, traqueostomia e inserção de drenos torácicos (Lane, Slavin & Ziv, 2001; Bradley, 2006).

Além desses, existem os simuladores baseados em computador, que são programas que contêm um modelo de um sistema artificial. Os simuladores baseados em computador permitem que os alunos explorem e interajam com situações hipotéticas, pratiquem habilidades e resolvam problemas em um ambiente realista e controlado, o que gera bons resultados no aprendizado. Estes simuladores podem ser dos mais simples, que incorporam somente áudio e vídeo, através de programas multimídia, até os mais sofisticados com alta tecnologia. Esses tipos de simuladores são usados para o treinamento, avaliação do conhecimento e da tomada de decisão. Eles podem ser de imersão, onde o usuário consegue sentir-se dentro de um ambiente interativo, proporcionando uma experiência de realidade virtual, que é o uso de três dimensões (3D), através de dispositivos de interfaces visuais (monitores acoplados na cabeça), auriculares (áudio tridimensional), hápticas (tátil), vestibulares (sensores de movimento) e as cabines de imersão, que possuem uma estrutura que pode ser idêntica ao modelo original (Bradley, 2006; Singh, Kalani, Acosta-Torres, El Ahmadieh, Loya & Ganju, 2013; Madathil et al., 2017).

Há também os *softwares* de simulação e os simuladores virtuais baseados na *web*. Um simulador baseado na *web* é um programa de computador (*software*) que é acessado pela Internet utilizando um navegador padrão para aprender e praticar habilidades numa plataforma virtual que além de replicar determinado ambiente na tela do computador, possui multimídia interativa que disponibiliza textos, imagens, vídeos e áudios. Nos últimos anos, esses simuladores vêm ganhando espaço na educação médica, principalmente na simulação de tarefas complexas, como na terapia intensiva (Pazin & Scarpelini, 2007). Atualmente, vários programas médicos estão combinando a sala de aula tradicional e o ensino prático com o uso de simuladores baseados em

computador para obter eficiência de tempo, custo e recursos que apoiem o treinamento e o ensino de forma eficaz, embora ainda não sejam amplamente utilizados (Lane, Slavin & Ziv, 2001).

Por isso, observa-se um crescimento no uso de simuladores virtuais para ensinar assuntos complexos e de alto risco, como a VMI. Alguns estudos (Osaku, Lopes & Aquim, 2006; Wax, Kenny & Burns, 2006; Filho, 2010; Lino et al., 2016, Yee, Fuenning, George, Hejal, Haines, Dunn, & Ahmed, 2016), mostram que o uso dos simuladores virtuais no ensino e treinamento em VMI, podem potencializar os processos de ensino-aprendizagem de tópicos da VMI. Esses simuladores apresentam uma representação visual de um ventilador mecânico e o seu funcionamento, propiciando ao aluno a familiarização com os ventiladores mecânicos, a configuração e a observação das consequências de acordo com os ajustes realizados no ventilador. Através desse tipo de simulação, o ventilador mecânico pode ser visto e manipulado, reduzindo a restrição do contato com esses aparelhos somente nos estágios.

Os simuladores virtuais de VMI, permitem também que o professor realize um ensino interativo ao usar esses simuladores durante as aulas, gerando reflexão e discussão ao resolver casos clínicos, além de poder demonstrar alguns princípios e conceitos de VMI (Wax, Kenny & Burns, 2006). Vários simuladores baseados em computador estão disponíveis para download na Internet e alguns sites estão listados na Seção 3.

3 Trabalhos Relacionados

Há muitos trabalhos que descrevem o uso de simuladores baseados em manequins de alta-fidelidade adaptados a ventiladores mecânicos. Mas, há poucos trabalhos que descrevem o desenvolvimento de programas (*softwares*) de simulação para o treinamento em VMI. Foram encontrados os trabalhos de: Boyle 3rd, (1991), que desenvolveu o Ventrol, Moreira (1996), que desenvolveu o SIMVEP (Simulador de Ventilação Pulmonar), Cajacuri (1997), que desenvolveu o SILMEV (“Simulator of the Mechanic Ventilation”), Osaku (2005), que desenvolveu o SEVeM (Software Educacional em Ventilação Mecânica) e Patroniti & Iotti (2015), que desenvolveram o Virtual-MVv4.0 (MechanicalVentilationSimulator), como uma ferramenta do Microsoft Excel e é o único que está disponível¹ para acesso e utilização. Os demais trabalhos citados, os autores não disponibilizaram maneiras de se ter acesso aos *softwares*.

Foram encontrados três trabalhos que descreveram o desenvolvimento de um simulador virtual, acessado pela *web*. O primeiro foi o de Takeuchi, Abe, Hirose, Kamioka, Hamada & Ikeda (2004), que desenvolveram um simulador de ventilação na forma de aplicativo *web* para usuários de Internet. No artigo, indicaram o site para acessar o simulador, mas a página não está disponível. O segundo trabalho é do Filho (2010), que desenvolveu o SVVM (Simulador Virtual de Assistência Ventilatória Mecânica). O SVVM aceita mais de um sistema operacional para seu funcionamento e não precisa ser instalado no computador, porque também é um simulador baseado na *web*. Porém, o autor não disponibiliza o site para acessar o SVVM. O terceiro trabalho é o de Lino et al. (2016), que apresentam o Xlung². Xlung é uma plataforma de ensino que disponibiliza um simulador virtual de ventilação mecânica e que funciona em todos os sistemas operacionais e nos principais navegadores de Internet. Não possui ligação com empresa fabricante de ventiladores mecânicos, surgiu comercialmente em 2012, sendo desenvolvido no Brasil com o apoio de uma empresa privada e da Fundação Cearense de

1 Disponível em: <http://pact.esicm.org/courses/MECVEN/scorm/mechanical.../Virtual-MVMarch03.xls>

2 Disponível em: <http://xlung.net/simulators/xlung>

Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). Na plataforma, são disponibilizados vídeo aulas, exercícios, manual de ventilação mecânica, artigos comentados e o próprio simulador que apresenta em seu *layout*, dados demográficos, gasometria arterial, fisiologia respiratória, ventilometria e mecânica respiratória. No site, é disponibilizado uma versão demo. Para usá-lo com todas as ferramentas disponíveis, é preciso assinar um plano semestral, mensal ou anual.

Foram encontrados também, *softwares* que reproduzem fielmente o ventilador mecânico da fabricante e que para usá-los, basta ter um computador com conexão de Internet. Porém, não há trabalhos publicados descrevendo o desenvolvimento desses *softwares*, quem são os desenvolvedores e nem a utilização desses *softwares* como ferramentas para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem em VMI. Dentre os encontrados estão: o Inter Plus VAPS/GMX da Intermed³, o DX 3010 da Dixtal⁴, o The Newport HT50 da Newport⁵, o EVITA XL, EVITA 4 e EVITA DURA da Dragër⁶, o Hamilton-G5 da Hamilton Medical⁷ e os simuladores Servo 300 A e Evita 2 desenvolvidos pela Besim⁸, que disponibiliza uma versão demo no site, mas que cobra para o acesso irrestrito aos *softwares* de simulação. Os demais *softwares* citados são gratuitos.

4 Métodos

Para desenvolver o SDVM, foram realizadas as seguintes etapas:

- Seleção dos trabalhos relacionados, através da revisão de literatura para conhecimento dos *softwares* de VMI disponíveis;
- Extração e análise das sugestões dos trabalhos selecionados encontrados durante a revisão de literatura;
- Desenvolvimento do SDVM;
- Estudo piloto do SDVM, realizado de forma presencial, com acadêmicos de fisioterapia, para avaliar o simulador como um instrumento auxiliar no aprendizado em VMI.

4.1 Etapa 1: Seleção dos Trabalhos Relacionados

A seleção dos trabalhos relacionados ocorreu através de busca eletrônica (Internet) em periódicos nacionais e internacionais indexados na Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), na Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e PubMed no período entre março de 2015 a março de 2016. A pesquisa incluiu as palavras-chaves: "ensino baseado em simulação", "simulação baseado em computador", "ventilação mecânica" e "ventilação artificial". Foram selecionados trabalhos que relataram o desenvolvimento de um *software* de VMI, trabalhos que descreveram a utilização de um *software* para o auxílio no processo de ensino-aprendizagem em VMI e trabalhos que citaram *softwares* de VMI disponíveis para a utilização, sendo encontrados todos os estudos relatados na Seção 3 deste trabalho.

3 Disponível em: <http://www.ufscar.br/camsa/964/simulador-de-ventilacao-mecanica/>

4 Disponível em: http://www.4shared.com/rar/hejucq2Xce/SIMULADOR_DIXTAL.htm

5 Disponível em: www.eqsim.com/ht50/starthere2.html

6 Disponível em: <http://fisioterapiahospital.blogspot.com.br/2015/11/simulador-de-ventilacao-mecanica-evita.html>

7 Disponível em: <http://www.hamilton-medical.com/.static/HAMILTON-G5/start.html>

8 Disponível em: <http://www.jicu.de/BESIM/>

4.2 Etapa 2: Extração e Análise

Nesta etapa, foram extraídas dos trabalhos selecionados, as sugestões dadas por seus autores a respeito daquilo que consideravam importantes para aprimorar os *softwares* desenvolvidos por eles. As sugestões propostas foram analisadas e agrupadas em cinco categorias: Interface (o simulador fornece uma visão adequada de um ventilador mecânico, com botões, *layout*, sons, configurações, etc.); Acessibilidade (o simulador pode ser acessado através de *downloads*, pode ser *online* ou assinaturas pagas); Navegabilidade (aceita vários navegadores para o uso); Facilitador da aprendizagem (o uso do simulador pode melhorar as competências do usuário, fornecendo ajuda/assistência aos usuários, quando necessária) e Satisfação (o simulador fornece uma visão adequada, próxima do real, da ventilação mecânica e abrange e satisfaz diferentes grupos de usuários). Com o agrupamento, observou-se que havia sugestões que já estavam no protótipo do SDVM, porque eram consideradas pelos autores deste estudo, importantes para a utilização do simulador e para o processo de aprendizagem em VMI. Mas, também havia sugestões de inclusão de recursos interessantes para o desenvolvimento de um simulador mais didático. As sugestões avaliadas como viáveis para este momento do estudo, foram acatadas e implementadas no SDVM.

4.3 Etapa 3: Desenvolvimento do SDVM

O SDVM é um simulador baseado na *web* que apresenta as mesmas características de um ventilador mecânico como, botões, mostradores, gráficos e sons, para possibilitar a prática, o manuseio livre, sem a necessidade de um local específico.

O SDVM é mais uma ferramenta para a aprendizagem em VMI que vem sendo desenvolvido desde 2016, com constante atualização. É interdisciplinar, acompanhado por especialistas de fisioterapia respiratória, física e engenharia biomédica.

As principais características do SDVM como simulador virtual, são:

- É um simulador virtual baseado na *web*, não havendo necessidade de se fazer o *download* do *software* e é compatível com os principais navegadores de Internet;
- É um *software* livre de código aberto, podendo ser copiado, executado, modificado e redistribuído gratuitamente.
- O SDVM não tem vínculo com nenhuma empresa fabricante de ventiladores mecânicos. Portanto, a construção do *layout* e a criação de recursos foram voltados para o processo de ensino-aprendizagem, não seguindo um modelo de ventilador mecânico.
- Há botões de ajuda que estão distribuídos pelo SDVM, que ao serem clicados, trazem uma breve descrição do item selecionado e com referências para maior aprofundamento, como mostra a Figura 5;
- Por não ter vínculo com nenhuma empresa fabricante de ventiladores mecânicos, sua programação pode estar sempre atualizada com as Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica.

4.3.1 Arquitetura do SDVM

Analisando os ventiladores mecânicos, observou-se que eles não apresentam uniformidade no *design*. A começar pela diferença entre os modelos mais antigos, que são completamente analógicos até os mais modernos que apresentam telas sensíveis ao toque. Mesmo entre os

modelos com tela sensível ao toque, não há uniformidade no *design* gráfico. Por isso, optou-se por desenvolver um simulador que estivesse mais comprometido com a didática do que com a reprodução fiel de um dos diferentes modelos existentes de ventiladores mecânicos disponíveis no mercado.

Há 4 componentes que são comuns a todos os ventiladores mecânicos mais modernos. A Figura 1 apresenta um *layout* do *software* com os elementos base do simulador, que são:

- Gráficos: os gráficos de volume, fluxo e pressão pelo tempo são mostrados nessa área.
- Controles: todos os parâmetros que devem ser ajustados em um ventilador mecânico real estão concentrados nessa área. Inclusive o ajuste do modo ventilatório utilizado.
- Mostradores: parâmetros de ventilação mecânica que são fornecidos pelos aparelhos e que não são definidos pelo usuário.
- Alarmes: configuração dos alarmes de um ventilador mecânico.

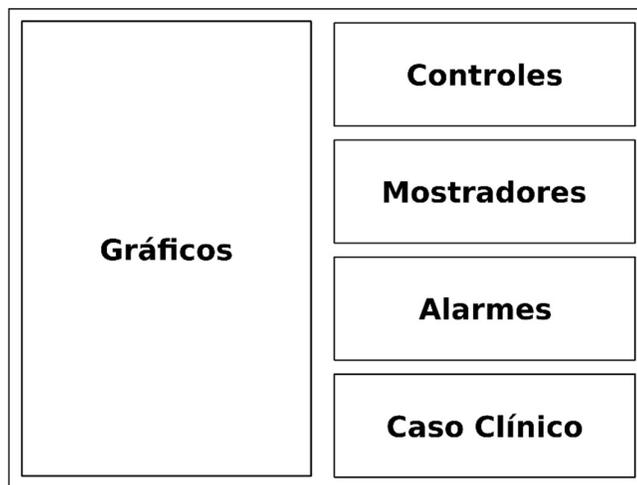


Figura 1: *Layout* do SDVM.

O sistema foi implementado utilizando a linguagem HTML para a constituição do *layout* e para realizar a solução das equações da dinâmica pulmonar e apresentá-las graficamente, utilizamos JavaScript. Com relação a dinâmica pulmonar e equações de movimento foram usadas as equações cinemáticas descritas por Filho (2010). Equações cinemáticas são aquelas que descrevem puramente o movimento pulmonar sem se preocupar com as causas desse movimento. As equações de movimento relevantes para o simulador estão descritas na Tabela 1. A recorrência entre as equações de Volume, Fluxo e Pressão é resolvida de acordo com a dinâmica escolhida. Por exemplo, no modo ventilação controlada a volume (VCV), o fluxo é constante e definido pelo usuário durante a ciclagem. Assim, a equação de fluxo não é utilizada e portanto acaba com a recorrência. O mesmo acontece no modo ventilação controlada a pressão (PCV) onde a pressão é constante.

Tabela 1: Equações cinemáticas usadas no SDVM.

Variável	Equação	Unidades
Volume Corrente (V)	$V = \int_{t_i}^{t_f} F \cdot dt$	ml
Fluxo (F)	$F = \frac{P - \frac{V}{Com} - PEEP - P_{mus}}{Res}$	L/min
Pressão (P)	$P = Res \cdot F + \frac{V}{Com} + PEEP + P_{mus}$	cmH ₂ O
Resistência Pulmonar (Res)	Constante – varia com o caso clínico	cmH ₂ O
Complacência Pulmonar (Com)	Constante – varia com o caso clínico	ml/cmH ₂ O
Pressão Expiratória Final (PEEP)	Constante – definida pelo usuário	cmH ₂ O . s / L
Pressão Muscular (Pmus)	Variável de acordo com o caso clínico	cmH ₂ O

Fonte: Filho (2010).

4.3.2 Funcionamento do SDVM

Para ter acesso ao SDVM⁹, o usuário basta digitar, em qualquer navegador de Internet, o endereço eletrônico. Feito isso, o usuário terá acesso à página inicial, que contém o título e um breve texto explicando sobre o SDVM, sua finalidade e sua autoria. Para o usuário acessar o SDVM, é necessário posicionar o cursor em cima da imagem que aparece na página inicial.

Ao clicar para abrir o simulador, surge a tela inicial do SDVM (Figura 2). Nesta tela, o usuário escolhe o caso clínico, o gênero, a idade, a altura e o peso. A escolha desses itens muda a programação do simulador e conseqüentemente interferem nos ajustes dos parâmetros ventilatórios.

Atualmente existem disponíveis oito cenários clínicos programados no simulador para o usuário escolher. Sendo estes: intubado sem esforço, intubado com esforço, asma brônquica, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), pneumonia sem síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), pneumonia com SDRA leve, pneumonia com SDRA moderada e pneumonia com SDRA grave.

9 Disponível em: <http://sdvm.ufsc.br>



Figura 2: Tela inicial do SDVM.

Depois de escolher o caso clínico, o usuário também pode alterar os dados do paciente. Quando o usuário altera o gênero e a altura, o simulador calcula o peso ideal através da seguinte fórmula:

$$\text{HOMEM: } 50 + 0,91 \times (\text{ALT}(\text{CM}) - 152,4) \quad (1)$$

$$\text{MULHER: } 45,5 + 0,91 \times (\text{ALT}(\text{CM}) - 152,4) \quad (2)$$

Com o resultado do peso ideal, automaticamente o simulador calcula o volume corrente que deve ser utilizado para a situação clínica escolhida pelo usuário, baseado nas Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica de 2013 (Barbas, Isola & Farias, 2013).

Feito as escolhas, o próximo passo é fechar a tela inicial do SDVM clicando no botão “X”, que se encontra no canto superior direito do usuário. Assim, o simulador habilita a tela para ajuste dos parâmetros ventilatórios e o valor do volume corrente calculado pelo simulador aparecerá para o usuário no alarme do volume corrente máximo.

O próximo passo do usuário, é a escolha do modo ventilatório. No momento, o simulador possui três modos ventilatórios: VCV (Ventilação Controlada a Volume), PCV (Ventilação Controlada a Pressão) e PSV (Ventilação com Pressão de Suporte), conforme mostra a Figura 3. Os ventiladores reais possuem mais modos além desses. Contudo, esses três são os modos ventilatórios básicos mais importantes e mais utilizados. É importante mencionar que, para colocar no modo PSV, o usuário obrigatoriamente deve escolher o caso clínico de intubado com esforço. Essa obrigatoriedade ocorre, porque o modo PSV é utilizado durante uma ventilação assistida ou espontânea, onde o disparo ocorre somente quando é deflagrado o esforço inspiratório do paciente.



Figura 3: Janela do SDVM funcionando.

Ao escolher o modo VCV, são permitidos os ajustes de parâmetros específicos do modo, que são: volume corrente, frequência respiratória, pausa inspiratória, fluxo e forma de onda de fluxo.

Há também os parâmetros que não são específicos e são ajustados igualmente nos três modos ventilatórios: FiO₂, PEEP e sensibilidade (que pode ser a fluxo ou a pressão).

No modo PCV, o usuário tem disponível para o ajuste neste modo, os seguintes parâmetros: pressão inspiratória, frequência respiratória, tempo inspiratório, tempo de subida e pausa inspiratória.

No modo PSV, o usuário pode ajustar a pressão de suporte e o tempo de subida.

Caso o usuário coloque valores nos parâmetros ventilatórios que fujam do intervalo programado, um alarme sonoro similar ao de um ventilador mecânico será emitido e ainda esse alarme ficará em vermelho, sinalizando que algum parâmetro foi ajustado inadequadamente.

Foi desenvolvido também um recurso para auxiliar o estudo do usuário. Este recurso denominamos de botão ajuda. No SDVM há distribuídos vários botões ajuda, os quais são representados assim pelo símbolo "?". Estes botões estão ao lado dos parâmetros ajustáveis e dos alarmes. São botões de ajuda que ao serem clicados, fornecem a definição do parâmetro correspondente e ainda o link de referência de onde o texto foi retirado, conforme mostra a Figura 4.

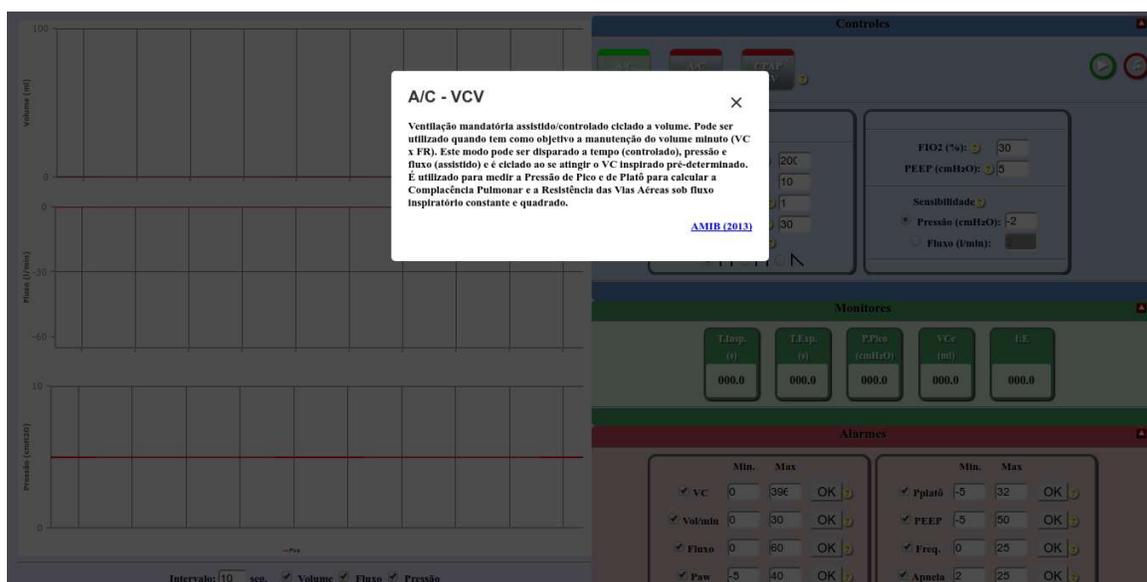


Figura 4: Botão ajuda no SDVM.

4.4 Estudo Piloto do SDVM

O estudo piloto do SDVM aconteceu no Centro Universitário de Barra Mansa (UBM – RJ) e na Universidade Regional de Blumenau (FURB – SC) em 2016, com a assinatura do Termo de Autorização dos coordenadores dos cursos. No UBM, participaram 28 acadêmicos de fisioterapia da 7ª fase, enquanto na FURB, participaram 28 acadêmicos de fisioterapia da 9ª fase, totalizando 56 acadêmicos.

O estudo piloto consistiu na utilização do SDVM durante uma aula sobre VMI ministrada pela autora deste trabalho, associando a teoria com a prática. A atividade foi extraclasse, para não comprometer as aulas, por um período de duas horas e realizada nos laboratórios de informática das instituições. Todos os acadêmicos que aceitaram participar da atividade, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

No final da atividade, os acadêmicos responderam a um questionário com dez perguntas, sendo nove fechadas e uma aberta, abordando questões relativas ao assunto VMI e ao SDVM, como o *layout*, a usabilidade, a interatividade e a aplicabilidade do simulador no processo de aprendizagem em VMI.

5 Resultados e Discussões

A primeira questão perguntou aos acadêmicos, qual era o grau de dificuldade do assunto VMI. A maioria (64,2%) respondeu que considerava o assunto difícil, enquanto 34% dos acadêmicos responderam que consideravam o assunto moderadamente difícil e apenas 1,8% considerava o assunto muito difícil.

Na segunda questão foi perguntado aos acadêmicos, o grau de interesse do acadêmico pelo assunto VMI. Entre os acadêmicos participantes da pesquisa, 60,7% disseram ter moderado interesse, 26,8% disseram ter muito interesse e 12,5% disseram ter pouco interesse pelo assunto VM.

De acordo com Ciullo, Yee, Frey, Gothard, Benner, Hammond & Ahmed (2019), a ventilação mecânica é um assunto complexo que requer compreensão do sistema cardiorrespiratório associado a sua fisiopatologia e um conhecimento abrangente dos recursos do ventilador mecânico. Analisando as duas primeiras questões, observa-se que a maioria considerou o assunto difícil e mesmo assim, a maioria respondeu ter moderado a muito interesse pelo assunto VMI. Portanto, a complexidade da VMI reflete no interesse do aluno pelo assunto, seja por conta do desafio em aprender algo complexo, seja porque a tecnologia que existe nos ventiladores mecânicos estimula o interesse.

Na terceira questão foi perguntado aos acadêmicos como, na opinião deles, as aulas de VMI deveriam ser, onde 64,2% respondeu que as aulas de VMI deveriam ser com mais práticas assistidas pelo professor/monitor, 34% respondeu que as aulas deveriam ser mais práticas e 1,8% respondeu que deveriam ser mais teóricas.

Na questão seguinte, foi perguntado se os acadêmicos participantes da pesquisa, já haviam utilizado algum simulador de VMI e 60,7% respondeu que não, enquanto 39,3% respondeu que sim.

Neste trabalho, foi realizado um levantamento dos *softwares* disponíveis para serem utilizados ao abordar o assunto VMI. Foram encontrados alguns *softwares* de empresas fabricantes de ventiladores mecânicos e que estão disponíveis gratuitamente. Porém, não foram encontrados *softwares* sem vínculo com essas empresas e gratuito. Dessa forma, a fim de atender a essa necessidade, foi desenvolvido o SDVM, que é mais um simulador virtual para ser utilizado pelo professor em sala de aula e promover mais práticas assistidas.

Na quinta questão foi pedido para que os acadêmicos avaliassem o SDVM quanto ao *layout* (gráfico, botões, sons e cores) e 57,2% avaliaram o *layout* do SDVM em muito bom, 41% avaliaram o *layout* em bom e apenas 1,8% avaliou o *layout* do simulador em regular.

Segundo Rocha, Zem-Lopes, Pedro, Bittencourt & Isotani (2015), nas simulações, as fidelidades física e comportamental são os graus em que o modelo do simulador se assemelha fisicamente (interface, áudios e controles), atua (informações, estímulos e respostas) e reage (comportamento e interatividade) às atividades sendo executadas, comparadas ao equipamento, ambiente ou procedimento do mundo real.

Durante o desenvolvimento do SDVM, uma das premissas era que o *layout* fosse similar a tela de um ventilador mecânico para aproximar o usuário daquilo que é visto na prática. Ainda foi tomado o cuidado para que as cores, o design, o tamanho das telas, o tipo das letras, os ícones e os sons, fossem agradáveis e a informação visual promovesse e estimulasse a aprendizagem.

A sexta questão solicitou que o acadêmico avaliasse o SDVM quanto ao uso e a navegação. Metade dos acadêmicos (50%) avaliaram o uso e a navegação em muito bom, 37,5% avaliou em bom e 12,5% avaliou em regular. Chamou à atenção o comentário feito por um acadêmico ao dizer que: “Todos os simuladores que eu vi até hoje foram difíceis de manusear e esse se mostrou relativamente fácil e didático”.

Tanto a usabilidade quanto à navegabilidade são aspectos importantes, porque o usuário não pode ter dificuldades para usar o simulador e não deve ter problemas em acessá-lo ao clicar nos botões e nos *links*. Para instruir o aluno e ajudá-lo no processo de aprendizagem em VMI, o uso do simulador precisa ser fácil. Caso contrário, em vez de estimular, diminui o interesse do acadêmico em conhecer e aprender sobre o assunto.

Alguns acadêmicos que avaliaram a usabilidade e a navegabilidade em regular, inseriram comentários dizendo que acharia interessante que o simulador funcionasse em todos os navegadores. Provavelmente, esses acadêmicos acessaram o simulador em um navegador que não

foi o Google Chrome. Quando isso ocorre, aparece uma mensagem dizendo que o usuário terá uma experiência melhor se utilizar o navegador Google Chrome. Isso quer dizer que a navegação fica otimizada, no que se refere à velocidade de processamento, qualidade dos botões e dos gráficos. Mas, o SDVM funciona em todos os principais navegadores.

A sétima questão solicitou aos acadêmicos que avaliassem o SDVM como instrumento auxiliar para o aprendizado em VMI. Entre os acadêmicos participantes da pesquisa, 67,9% avaliou o SDVM em muito bom, 30,3% avaliou em bom e 1,8% avaliou em regular. O acadêmico que avaliou o SDVM em regular, sugeriu que o simulador continuasse sendo aprimorado, sem especificar em qual quesito. Em contrapartida, um outro acadêmico avaliou o SDVM em um ótimo recurso para aprimorar o conhecimento sobre VMI.

Na oitava questão, foi questionado se o uso do SDVM promoveu maior interesse e motivação para o aprendizado do assunto VMI. A grande maioria (91%), indicou que sim. Cabe destacar o comentário de um dos acadêmicos: “Despertou o interesse e vai ser ótimo para nos ajudar”.

Em seguida, foi perguntado aos acadêmicos qual era a percepção deles quanto ao entendimento sobre o assunto VMI após a utilização do SDVM durante a aula. Para a maioria (69,6%), a utilização do SDVM durante a aula melhorou o entendimento sobre VMI. Mas, na percepção de 23,2%, o entendimento sobre VMI se manteve e apenas 7,2% perceberam que o entendimento sobre VMI não melhorou e os deixaram mais confusos.

Os resultados destas três questões, mostraram que a simulação quando utilizada durante o processo de ensino-aprendizagem em VMI, pode ser um recurso que não só desperta o interesse do aluno pelo assunto, mas que também auxilia no ganho de confiança e de entendimento.

Para facilitar a visualização dos resultados obtidos com essas nove questões, foi criada a Tabela 2.

Tabela 2: Resultados obtidos com o questionário realizado com 56 acadêmicos de fisioterapia.

	Muito difícil	Moderadamente difícil	Difícil
Grau de dificuldade do assunto <u>VMI</u>	1,8%	34%	64,2%
	Muito interesse	Moderado interesse	Pouco interesse
Grau de interesse pelo assunto <u>VMI</u>	26,8%	60,7%	12,5%
	Mais teóricas	Mais práticas	Mais práticas assistidas
As aulas de <u>VMI</u> devem ser	1,8%	34%	64,2%
	Melhorou	Foi mantido	Não melhorou e confundiu
Após a utilização do <u>SDVM</u> durante a aula o entendimento sobre <u>VMI</u>	69,6%	23,2%	7,2%
	Muito bom	Bom	Regular
Quanto ao layout do <u>SDVM</u>	57,2%	41%	1,8%
Quanto ao uso e navegação do <u>SDVM</u>	50%	37,5%	12,5%
<u>SDVM</u> como instrumento auxiliar para o aprendizado em <u>VMI</u>	67,9%	30,3%	1,8%
Já utilizou algum simulador de <u>VMI</u>	Sim	Não	
	39,3%	60,7%	
<u>SDVM</u> promoveu maior interesse e motivação para aprender <u>VMI</u>	91%	9%	

A décima e última questão foi aberta para que os acadêmicos fizessem sugestões ou críticas ou dessem opiniões para aprimorar o SDVM.

A maioria das sugestões obtidas foi relacionada ao acréscimo de cenários clínicos. Atualmente, estão disponíveis oito cenários clínicos diferentes para o usuário escolher. Escolhendo uma dessas, o usuário ainda pode alterar o gênero e a altura. Dessa forma, o SDVM possibilita mais situações clínicas, uma vez que, alterando o gênero e a altura, exigirá do usuário ajustes diferentes nos parâmetros ventilatórios. Além disso, na parte inferior do SDVM há ainda uma maneira de alterar a mecânica respiratória para a situação clínica selecionada. Isso possibilita alterar os valores de resistência da via aérea, complacência pulmonar, pressão muscular, frequência e duração. Assim, modifica o que foi programado para aquela situação clínica selecionada na tela inicial, o que também exige mudanças nos ajustes dos parâmetros ventilatórios. Já há um projeto para a inclusão de mais cenários clínicos, como Pneumonia Associada a Ventilação Mecânica (PAV), ventilação mecânica em pós-operatório, ventilação mecânica em pacientes neurológicos e em pacientes cardiopatas, entre outras.

Ainda foi sugerido acrescentar modalidades ventilatórias no SDVM. Há disponíveis no mercado, muitos modelos de ventiladores mecânicos e cada fabricante disponibiliza um modo ventilatório exclusivo, que são chamados de modos avançados de VM. Conforme Barbas, Ísola e

Farias (2013), nos últimos anos, aumentou significativamente a quantidade e a complexidade dos modos ventilatórios e esses modos ventilatórios devem ser utilizados em situações clínicas específicas, onde o paciente se beneficie dos recursos disponíveis de cada modo e que o profissional esteja habituado com os ajustes. De qualquer forma, já está sendo estudado a inclusão de mais modos ventilatórios.

Além das sugestões e críticas, alguns acadêmicos elogiaram a iniciativa em desenvolver um instrumento que pode auxiliar o aprendizado em VMI. Também foram obtidos comentários positivos sobre o SDVM ser um *software* livre, *online* e poder acessá-lo em *notebooks*, em *tablets* e em *smartphones*. Assim, o simulador poderá ser usado dentro e fora da sala de aula. Na sala de aula, os professores poderão usar o simulador para demonstrar como ajustar os parâmetros ventilatórios, os modos para cada situação clínica e a interpretação dos gráficos. Fora da sala de aula, os acadêmicos poderão estudar, explorando outras possíveis situações clínicas e seus efeitos de acordo com os ajustes realizados. Portanto, o uso do simulador permite a contextualização da teoria e da prática e a participação ativa do aluno no processo de construção do conhecimento.

Apesar de o estudo piloto ter sido realizado com acadêmicos de fisioterapia, é importante ressaltar que o uso do SDVM não se restringe a esses acadêmicos, visto que o conteúdo e os recursos presentes no simulador não são específicos para a atuação do fisioterapeuta. O SDVM pode ser usado num contexto multidisciplinar em cursos de formação de outros profissionais que atuam com o ventilador mecânico, como médicos e enfermeiros.

5.1 Limitações do Estudo

Este trabalho apresentou algumas limitações. A primeira limitação foi que, para a realização do estudo piloto não foi feito o cálculo do tamanho da amostra, justamente por conta da natureza do estudo. Mas, é sabido pelos autores que mesmo num estudo piloto para obter um resultado mais confiável, é importante um número maior de participantes. A segunda limitação foi não ter utilizado com os acadêmicos um questionário validado, o que pode ter influenciado na confiabilidade dos resultados. Já a terceira limitação foi em relação ao SDVM, porque um paciente mecanicamente ventilado pode apresentar mudanças em seus parâmetros durante os ciclos respiratórios e essas mudanças repercutem na variação de outros parâmetros, alarmes e gráficos. Porém, o SDVM ainda não leva em consideração essas variações, que podem ocorrer durante os ciclos respiratórios. A quarta limitação foi que o simulador também não leva em conta a possibilidade de evolução do paciente, onde numa situação real pode apresentar melhora ou piora do quadro clínico. E por último, ainda falta mais similaridade da tela do SDVM com a tela de um ventilador mecânico, o que é importante para simular o manuseio deste equipamento.

6 Conclusão

Neste trabalho foi descrito o desenvolvimento do Simulador Didático de Ventilação Mecânica (SDVM). Os acadêmicos poderão se beneficiar com mais uma opção de simulador virtual baseado na *web* que está disponibilizado gratuitamente e em sua versão completa.

Na atual versão, o SDVM está programado com alguns cenários clínicos encontrados em pacientes mecanicamente ventilados. Dessa forma, possibilita aos acadêmicos ficarem mais próximos daquilo que encontrarão em sua prática profissional, através de uma atividade interativa e contextualizada com a teoria, o que aumenta o interesse e a motivação em aprender.

O estudo piloto demonstrou que o SDVM pode auxiliar no processo de aprendizagem em VMI de forma ativa, dinâmica e atrativa. Os resultados obtidos com o questionário, revelaram que mesmo sendo necessários ajustes no *layout*, na navegabilidade e no acréscimo de recursos encontrados nos ventiladores mecânicos, o SDVM teve uma aceitação muito boa pelos acadêmicos do estudo piloto, demonstrando a viabilidade do uso do SDVM.

Durante a revisão da literatura, verificou-se que há poucos trabalhos a respeito do desenvolvimento de *softwares* de simulação para o treinamento e auxílio da aprendizagem em VMI. Dos poucos trabalhos encontrados, observou-se que há uma diferença de 20 anos entre o desenvolvimento do simulador mais antigo e o simulador mais recente. Há ainda simuladores que não possuem publicação de como foram desenvolvidos, se foram avaliados e os resultados obtidos. Portanto, como continuidade deste trabalho, pretende-se realizar uma avaliação mais ampla, com uma amostra maior e com acadêmicos de outras áreas, como medicina e enfermagem e assim, refletir a respeito de uma outra realidade, com outras experiências e diferentes pontos de vista.

Por fim, tem-se como trabalho futuro as contínuas melhorias no SDVM, incluindo as sugestões dadas pelos acadêmicos do estudo piloto, como a inclusão de mais cenários clínicos e modos ventilatórios. Pretende-se aprimorar as configurações do *software* e a interface para aproximar mais daquilo que é visto na prática. Além disso, serão incluídos casos clínicos de pacientes mecanicamente ventilados, que o acadêmico ao solicitar, surgirão ao longo do acesso para que sejam resolvidos utilizando o SDVM.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado na Universidade Federal de Santa Catarina - Financiado pela CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministério da Educação Brasileiro.

Referências

Acton, RD. (2015). The evolving role of simulation in teaching surgery undergraduate medical education. *Surgical Clinics*, 95(4), 739-750. DOI: 10.1016/j.suc.2015.04.001 [[GS Search](#)]

Barbas, C. V., Isola, A. M., & Farias, A. M. (2013). Diretrizes brasileiras de ventilação mecânica. 2013. *Associação de Medicina Intensiva Brasileira e Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*, 1-140.

Beal, MD, Kinnear, J, Anderson, CR, Martin, TD, Wamboldt, R & Hooper, L. (2017). The effectiveness of medical simulation in teaching medical students critical care medicine: a systematic review and meta-analysis. *Simulation in Healthcare*, 12(2), 104-116. DOI: [10.1016/j.suc.2015.04.001](#) [[GS Search](#)]

Biscardi, GT & Rondina, JM. (2017). Patterns of technologies' use in the learning at the medicine course. *Brazilian Journal of Computers in Education*, 25(01), 1. DOI: [10.5753/rbic.2017.25.01.1](#) [[GS Search](#)]

Bloom, BS & Krathwohl, DR. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals, by a committee of college and university examiners. Handbook i: Cognitive domain. New York, Longmans, Green.

Borges, VA, Nogueira, BM, Barbosa, EF, et al. (2015). Uma análise exploratória de tópicos de pesquisa emergentes em informática na educação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 23(01), 85. [[GS Search](#)]

Boyle 3rd, J. (1991). Ventilatory control (Ventrol) simulation for education. *Advances in Physiology Education*, 261(6), S25. DOI: 10.1152/advances.1991.261.6.S25 [[GS Search](#)]

Bradley, P. (2006). The history of simulation in medical education and possible future directions. *Medical education*, 40(3), 254-262. DOI: doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02394.x [[GS Search](#)]

Cajacuri, LAV. (1997). Sistema simulador e de treinamento da ventilação mecânica usando o ventilador pulmonar. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). *Universidade Federal de Santa Catarina*., Florianópolis, SC. [[GS Search](#)]

Carvalho CRR, Toufen Junior, C & Franca, SA. (2007). Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 33, 54-70. DOI: [10.1590/S1806-37132007000800002](https://doi.org/10.1590/S1806-37132007000800002) [[GS Search](#)]

Ciullo, A, Yee, J, Frey, JA, Gothard, MD, Benner, A, Hammond, J & Ahmed, RA. (2019). Telepresent mechanical ventilation training versus traditional instruction: a simulation-based pilot study. *BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning*, 5(1), 8-14. DOI: 10.1136/bmjstel-2017-000254 [[GS Search](#)]

Dal Sasso, GM et al. (2015). Guia metodológico para simulação em enfermagem-cepetec. *Universidade Federal de Santa Catarina*, Florianópolis. [[GS Search](#)]

Dubovi, I, Levy, ST & Dragan, E. (2017). Now i know how! The learning process of medication administration among nursing students with non-immersive desktop virtual reality simulation. *Computers & Education*. 113, 16-27. DOI:[10.1016/j.compedu.2017.05.009](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.009) [[GS Search](#)]

Ferrer, M & Pelosi, P. (2012). New developments in mechanical ventilation. *European Respiratory Society*. Extraído de: <https://books.ersjournals.com/content/new-developments-in-mechanical-ventilation> DOI: 10.1183/1025448x.erm5512

Fialkow L, Farenzena M, Wawrzeniak IC, Brauner, JS, Vieira SRR, Vigo, A & Bozzetti, MC. (2016). Mechanical ventilation in patients in the intensive care unit of a general university hospital in southern Brazil: an epidemiological study. *Clinics*. 71(3): 145-151. DOI: [10.6061/clinics/2016\(03\)05](https://doi.org/10.6061/clinics/2016(03)05) [[GS Search](#)]

Filho, ML. (2010). Simulador virtual de assistência ventilatória mecânica. 55f. Monografia (Graduação de Engenharia de Teleinformática). *Universidade Federal do Ceará*. Fortaleza, CE. [[GS Search](#)]

Flores, CD, Bez, MR & Bruno, RM (2014). O uso de simuladores no ensino da medicina. *Rev Bras Inform Educ*, 22(2), 98-108. [[GS Search](#)]

Freitas, MCD & Almeida, MG. (2012). *Docentes e discentes na sociedade da informação (A escola no século XXI; v. 2)*. Rio de Janeiro: Brasport.

Gaba DM. (2004). The future vision of simulation in health care. *Quality & safety in health care*. v. 13 (Suppl 1), p. i2-i 10. DOI: 10.1136/qshc.2004.009878 [[GS Search](#)]

Hasan A. (2010). *Understanding Mechanical Ventilation: A Practical Handbook*. 2ªed. Springer Science & Business Media, p. 6.

Hess DR & Kacmarek RM (2014). *Essentials of Mechanical Ventilation*. McGraw-Hill Education, p. 2-11.

Holzinger, A, Kickmeier-Rust, MD, Wassertheurer, S & Hessinger, M. (2009). Learning performance with interactive simulations in medical education: Lessons learned from results of learning complex physiological models with the haemodynamics simulator. *Computers & Education*, 52(2), 292-301. DOI: [10.1016/j.compedu.2008.08.008](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.008) [[GS Search](#)]

Lane, JL, Slavin, S & Ziv, A. (2001). Simulation in medical education: A review. *Simulation & Gaming*, 32(3), 203-210. DOI: [10.1177/104687810103200302](https://doi.org/10.1177/104687810103200302) [[GS Search](#)]

Lino JA, Gomes, GC, Sousa, NDSVC, Carvalho AK, Diniz, MEB, Junior, ABV & Holanda, MA. (2016). A critical review of mechanical ventilation virtual simulators : is it time to use them? *JMIR Med Educ*. v. 2, n.1, p. 1-11. DOI: [10.2196/mededu.5350](https://doi.org/10.2196/mededu.5350) [[GS Search](#)]

Madathil, KC, Frady, K, Hartley, R, Bertrand, J, Alfred, M & Gramopadhye, A. (2017). An empirical study investigating the effectiveness of integrating virtual reality-based case studies into an online asynchronous learning environment. *The ASEE Computers in Education (CoED) Journal*. 8(3). [[GS Search](#)]

Moreira, CMM. (1996). SIMVEP-Simulador da Ventilação pulmonar. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). *Universidade Estadual de Campinas*. Campinas, SP. [[GS Search](#)]

Osaku, EF. (2005). Desenvolvimento de um software didático para o apoio ao aprendizado de ventilação mecânica. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial). *Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná*. Curitiba, PR. [[GS Search](#)]

Osaku, EF, Lopes HS & Aquim EE. (2006). Avaliação do ensino-aprendizagem em ventilação mecânica nos cursos de fisioterapia no Paraná. *Fisioter. Bras*, 7(2), 84-86. DOI: 10.33233/fb.v7i2.1868 [[GS Search](#)]

Patroniti, N & Iotti, GA. (2015). *Mechanical Ventilation-skills and techniques*. Patient-centered Acute Care Training (PACT) Module-European Society of Intensive Care Medicine.

Pazin, A & Scarpelini, S. (2007). Simulação: definição. *Medicina (Ribeirão Preto. Online)*, 40(2), 162-166. DOI: [10.11606/issn.2176-7262.v40i2p162-166](#) [[GS Search](#)]

Prensky, M. (2001). *Digital natives, digital immigrants part 1*. *On the horizon*, 9(5), 1-6. DOI: [10.1108/107481201110424816](#) [[GS Search](#)]

Ravert, P (2002). An integrative review of computer-based simulation in the education process. *CIN: Computer, Informatics, Nursing*, 20(5), 203-208. [[GS Search](#)]

43. Rocha, RV, Zem-Lopes, AM, Pedro, LZ, Bittencourt, II & Isotani, S. (2015). Metodologia de Desenvolvimento de Jogos Sérios: especificação de ferramentas de apoio open source. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)* (Vol. 26, No. 1, p. 489). DOI: [10.5753/cbie.sbie.2015.489](#) [[GS Search](#)]

Satava RM. (2008). Historical Review of Surgical Simulation – A personal perspective. *World J Surg*. v. 32, p. 141-148. DOI: 10.1007/s00268-007-9374-y [[GS Search](#)]

Scholtz, F & Hughes, S. (2019). A systematic review of educator interventions in facilitating simulation based learning. *Journal of Applied Research in Higher Education*. DOI: [10.1108/JARHE-02-2018-0019](#) [[GS Search](#)]

Schroedl CJ, Corbridge TC, Cohen ER, Fakhran SS, Schimmel, D, McGaghie, WC & Wayne, DB. (2012). Use of simulation-based education to improve resident learning and patient care in the medical intensive care unit: a randomized trial. *Journal of Critical Care*. v. 27, p. 219e7-219e13. DOI: 10.1016/j.jcrc.2011.08.006 [[GS Search](#)]

Singh, H, Kalani, M, Acosta-Torres, S, El Ahmadih, TY, Loya, J & Ganju, A. (2013). History of simulation in medicine: from resucii annie to the ann myers medical center. *Neurosurgery*. 73 (suppl_1), S9-S14. DOI: 10.1093/neurosurgery/73.suppl_1.S9 [[GS Search](#)]

Takeuchi, A., Abe, T., Hirose, M., Kamioka, K., Hamada, A., & Ikeda, N. (2004). Interactive simulation system for artificial ventilation on the internet: virtual ventilator. *Journal of clinical monitoring and computing*, 18(5-6), 353-363. DOI: [10.1007/s10877-005-6268-0](#) [[GS Search](#)]

Talo FS, Abib SCV, Negri AJA, Cesar Filho, P, Lopes, RD & Lopes, AC. (2017). Evaluation of self-perception of mechanical ventilation knowledge among Brazilian final-year medical students,

residents and emergency physicians. *Clinics*. v. 72, n2, p. 65-70. DOI: [10.6061/clinics/2017\(02\)01](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(02)01) [[GS Search](#)]

Tori, R, Amaral Tori, A, Ziyu Wang, G, Collaço de Oliveira, E, Henna Sallaberry, L & Machado, MA. (2018). Vida odonto: Ambiente de realidade virtual para treinamento odontológico. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 26(2). [[GS Search](#)]

Wax, R. S., Kenny, L., & Burns, P. (2006). Educating providers of mechanical ventilation: an update. *Current opinion in critical care*, 12(1), 61-66. [[GS Search](#)]

West, AJ & Parchoma, G. (2017). The practice of simulation-based assessment in respiratory therapy education. *Canadian Journal of Respiratory Therapy*. 53(1). [[GS Search](#)]

Yee, J, Fuenning, C, George, R, Hejal, R, Haines, N, Dunn, D & Ahmed, RA. (2016). Mechanical ventilation boot camp: a simulation-based pilot study. *Critical care research and practice*, 2016. DOI: [10.1155/2016/4670672](https://doi.org/10.1155/2016/4670672) [[GS Search](#)]