



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA SAÚDE

Moyses de Campos Junior

*Software* Educacional: Simulador de Ventilação Mecânica e seus Efeitos  
Hemodinâmicos

Mestrado Profissional em Educação nas Profissões da Saúde

SOROCABA

2021

Moyses de Campos Junior

*Software* Educacional: Simulador de Ventilação Mecânica e seus Efeitos  
Hemodinâmicos.

Trabalho final apresentado à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência para obtenção do título MESTRE PROFISSIONAL em **Educação nas Profissões da Saúde**, sob orientação da **Profa. Dra. Suzana Guimarães Moraes**.

SOROCABA

2021

Sistemas de Bibliotecas da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo -  
Ficha Catalográfica com dados fornecidos pelo autor

C198 Campos Junior, Moyses de  
Software Educacional: Simulador de Ventilação  
Mecânica e seus Efeitos Hemodinâmicos.. / Moyses de  
Campos Junior. -- Sorocaba, SP: [s.n.], 2021.  
p. il. ; cm.

Orientador: Suzana Guimarães Moraes.  
Trabalho Final (Mestrado Profissional) -- Pontifícia  
Universidade Católica de São Paulo, Programa de  
Estudos Pós-Graduados em Educação nas Profissões da  
Saúde.

1. software. 2. simulador interativo. 3.  
ventilação mecânica. 4. monitorização hemodinâmica. I.  
Moraes, Suzana Guimarães. II. Pontifícia  
Universidade Católica de São Paulo, Programa de  
Estudos Pós-Graduados em Educação nas Profissões da  
Saúde. III. Título.

CDD

**Banca Examinadora**

---

---

---

“Meus irmãos, considerem motivo de grande alegria o fato de passarem por diversas provações, pois vocês sabem que a prova de vossa fé produz a perseverança. E a perseverança deve ter ação completa, a fim de que vocês sejam maduros e íntegros, sem lhes faltar coisa alguma.”

Tiago 1.2-5

## DEDICAÇÃO ESPECIAL

Dedico aos meus pais, todas as vitórias de minha vida. Pois mesmo nas derrotas sempre estiveram ao meu lado. A dedicação, atenção e exemplo proporcionados, foram o alicerce da minha personalidade. Se o filho não pode ser perfeito, pelo menos reconhece que seus pais foram perfeitos. Obrigado por ter a honra de ser agraciado por ter vocês como pais.

#### AGRADECIMENTO ESPECIAL

A minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Suzana Guimarães Moraes, pela experiência compartilhada, pelas opções de ajuda em todas encruzilhadas que tive na condução do meu projeto, pela confiança no meu trabalho, sempre preocupada em atender as demandas e oferecer saídas mesmo dividindo a atenção com sua própria família. Muito obrigado.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que esteve sempre dirigindo minha vida em todos os momentos.

À Pontifícia Universidade Católica de São Paulo que me acolheu, primeiro como residente, e atualmente como professor do internato e aluno do Mestrado com o apoio da FUNDASP.

As minha filhas Amanda e Alana, pela paciência, pelo carinho e compreensão em todos os momentos.

À minha esposa, Celeste, pelo apoio, pela experiência compartilhada, e conduta assertiva em todos os momentos.

À professora Marta Elizabeth Kalil, sempre confiante, positiva, e pelas orientações na banca de qualificação.

À professora Mercia Tancredo pelas orientações na banca de qualificação.

Aos professores do Mestrado Profissional da PUC-SP, pela orientação e ensinamentos.

À Paulo Jose Hellmeister de Andrade pela paciência e orientação técnica.

À Kleber Rodrigo de Carvalho pela assertividade e avaliação do *software*.

Aos especialistas que participaram da avaliação do conteúdo, Prof. Rogério Arruda Melaré, Prof<sup>a</sup>. Rayssa Pistilli Duarte, Carlos Renato Imamura, Prof. Jose Victor Miranda Pedroso, Prof. Eduardo Leme Ferreira, Prof<sup>a</sup>. Jade Evelise Soares e Prof. Paulo Sérgio Nardelli Vieira, pelos elogios, críticas e sugestões que contribuíram para qualidade desta ferramenta de ensino.

À Heloisa Helena Armenio pela disponibilidade, resolutividade e orientação.

Aos alunos da 67<sup>a</sup> turma de medicina que participaram na pesquisa.

Aos funcionários da Biblioteca da FCMS/PUC-SP, em especial, Camilla Palazzo, Antônio Pedro de Melo Maricato e Vera Lucia de Jesus Mescoki pelo apoio.

## RESUMO

Campos Junior, M. *Software* Educacional: Simulador de Ventilação Mecânica e seus Efeitos Hemodinâmicos.

**Introdução:** A ventilação mecânica tem seu manejo considerado de alta complexidade, a sua simulação virtual propicia um ambiente seguro para o ensino de situações clínicas e sua interação cardiopulmonar. **Objetivo:** Desenvolver um *software* educacional simulador de ventilação mecânica com interação hemodinâmica. **Material e Métodos:** O *software* foi desenvolvido na tecnologia *Web Hypertext Markup Language* versão 5 e sua avaliação (de conteúdo e formato) foi realizada após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos voluntários. A avaliação do ganho cognitivo e percepção foi feita em alunos do quinto ano de medicina 10 questões para o pré e pós-teste, 17 assertivas para o instrumento de percepção em escala de Likert de concordância de cinco pontos e campos para comentários. A sua qualidade técnica foi avaliada por engenheiro e seu conteúdo por especialistas. **Resultados:** O simulador desenvolvido disponibilizou referências, escolha de situações clínicas e parâmetros de ventilação, monitorização de ventilatória e hemodinâmica, gasometria arterial e animações. A qualidade técnica do *software* foi aprovada pelo engenheiro. A avaliação do conteúdo do simulador por sete especialistas obteve nas assertivas a média geral dos pontos de Likert (L) e concordância (Co): “excesso de conteúdo” (L = 3,14 e Co = 28,6%), “fácil de usar” (L = 3,43 e Co = 71,4%), e para as outras (L  $\geq$  4,00 e Co = 71,4%). O índice de validação de conteúdo médio foi de 0,86. Em atividade *online*, 26 alunos concordaram em participar da pesquisa. A média e desvio padrão de acertos nas questões pelos alunos foi no pré-teste de  $12,4 \pm 4,74$  e  $20,2 \pm 3,97$  no pós-teste, teste t com valor de  $p < 0,001$ . A correlação linear entre a percepção dos especialistas e dos alunos foi forte e positiva sobre o uso do *software*. Os especialistas sugeriram mudanças no *software* e os alunos na didática. **Discussão:** Foram efetuadas as mudanças viáveis no simulador sugeridas pelos especialistas. Os comentários dos alunos contribuíram para adequar a didática da atividade. A avaliação dos especialistas e o ganho cognitivo obtido em alunos sugere que o *software* tem potencial como recurso didático no processo de ensino aprendizagem da ventilação mecânica e sua interação cardiopulmonar.

**Palavras-chave:** *software*; simulador interativo; ventilação mecânica; monitorização hemodinâmica.

## ABSTRACT

Campos Junior, M. Educational Software: Mechanical Ventilation Simulator and its Hemodynamic Effects.

**Introduction:** Mechanical ventilation has its management considered highly complex, its virtual simulation provides a safe environment for the teaching of clinical situations and its cardiopulmonary interaction. **Objective:** Develop an educational software mechanical ventilation simulator with hemodynamic interaction. **Material and Methods:** The software was developed in the Web Technology Hypertext Markup Language version 5 and its evaluation (of content and format) was carried out after signing the Free and Informed Consent Form by the volunteers. The evaluation of cognitive gain and perception was made in fifth-year medical students 10 questions for the pre and post-test, 17 assertive for the instrument of perception on a Likert scale of agreement of five points and fields for comments. Its technical quality has been evaluated by an engineer and its content by experts. **Results:** The simulator developed provided references, choice of clinical situations and ventilation parameters, ventilatory and hemodynamics monitoring, arterial blood gas and animations. The technical quality of the software was approved by the engineer. The evaluation of the content of the simulator by seven experts obtained in the assertions the general average of the Likert (L) and concordance (Co) points: "excess content" (L = 3.14 and Co = 28.6%), "easy to use" (L = 3.43 and Co = 71.4%), and for the others (L  $\geq$  4.00 and Co  $\geq$  71.4%). The average content validation index was 0.86. In online activity, 26 students agreed to participate in the survey. The mean and standard deviation of correct answers in the questions by the students was in the pre-test of  $12.4 \pm 4.74$  and  $20.2 \pm 3.97$  in the post-test, t-test with a value of  $p < 0.001$ . The linear correlation between the perception of the experts and the students was strong and positive about the use of the software. Experts suggested changes in software and students in didactics. **Discussion:** The viable changes in the simulator suggested by the experts were made. The students' comments contributed to adapt the didactics of the activity. The evaluation of the experts and the cognitive gain obtained in students suggests that the software has potential as a didactic resource in the teaching process of learning mechanical ventilation and its cardiopulmonary interaction.

**Keywords:** software; interactive simulator; mechanical ventilation; hemodynamic monitoring.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formulário dos parâmetros básicos para simulação antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.....	39
Figura 2 - Formulário da Gasometria Arterial e Índices antes e depois das alterações sugeridas por especialistas. ....	41
Figura 3 - Oxímetro de Pulso .....	41
Figura 4 - Formulário desta simulação para o modo VCV antes e depois das alterações sugeridas por especialistas. ....	42
Figura 5 - Gráfico ECG/PAI.....	43
Figura 6 - Gráfico de Ventilação antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.....	44
Figura 7 – Esquerda: Curva PxV; Direita: Curva FxV.....	45
Figura 8 – Direita: Valor Ventilação/Perfusão ( $\dot{V}_A/\dot{Q}$ ) com exemplos de <i>shunt</i> =0.1, normal=0.8-1, espaço morto=10. V:sangue venoso, a:sangue arterial; Esquerda: Vias de ventilação colateral alveolar. ....	46
Figura 9 - Esquerda: Ventilação alveolar, fluxo capilar e hematose normal (simulador); Centro: <i>Shunt</i> (fluxo capilar com hematose incompleta), simulação da membrana hialina e nível hidroaéreo alveolar; Direita: Espaço morto (apenas um fluxo no capilar).....	47
Figura 10 - Esquerda: <i>Shunt</i> (fluxo capilar com hematose incompleta), simulação da membrana hialina e pequena elipse (simula rotura) em alvéolo da esquerda; Direita: Enfisema intersticial (elipses neste espaço), espaço morto com apenas um fluxo no capilar.....	47
Figura 11 - Esquerda: Edema pulmonar, aumento da PCP, nível hidroaéreo alveolar e fluxos no capilar com hematose; Direita: Espaço morto na AESP com ausência de fluxo no capilar.....	48
Figura 12 - Tomografia de impedância elétrica de tórax. Distribuição da ventilação pulmonar. Regiões com ventilação em branco e as regiões colapsadas na periferia mais escuras. D - direita; E- esquerda; A – anterior; P – posterior. ....	49
Figura 13 - Tomografia computadorizada do tórax.....	49

Figura 14 - Esquerda: Plano axial, ventilação em posição supina, pulmões com densidade e volumes normais; Direita: Plano axial, ventilação em posição prona, pulmões com densidade e volumes normais. ....	50
Figura 15 - Esquerda: Plano axial, ventilação em posição supina, pulmões com densidade e volumes normais, mas com aspiração (coleção dourada posterior); Direita: Plano axial, ventilação em posição supina, pneumotórax (espaço pleural em branco), pulmões com densidade alta e volumes heterogêneos. ....	50
Figura 16 - Esquerda: Plano axial, ventilação em posição supina, dreno torácico, pneumotórax parcialmente drenado com bolhas no coletor e pulmões com densidade alta e volumes heterogêneos; Direita: Plano axial, ventilação em posição supina, dreno torácico sem bolhas no coletor, pulmões com densidade alta e volumes reduzidos de forma homogênea. ....	51
Figura 17 - Relação ventilação/perfusão ( <i>V/Q ratio</i> ) em pacientes em posição supina: a) Sob ventilação mecânica e relaxamento/sedação b) Em ventilação espontânea. ....	52
Figura 18 - Esquerda: Plano sagital, ventilação em posição prona com máscara facial; Direita: Plano sagital, ventilação em posição supina com máscara facial. ....	52
Figura 19 - Esquerda: Plano sagital, ventilação em posição supina com máscara facial, mas com aspiração (coleção posterior no pulmão igual ao nível de líquido do estômago); Direita: Plano sagital, ventilação em posição supina, tubo orotraqueal e TGI. ....	53
Figura 20 - Esquerda: Plano sagital, ventilação em posição supina com máscara facial e pneumotórax (espaço pleural em branco); Centro: Plano sagital, ventilação em posição supina, tubo orotraqueal e pneumotórax parcialmente drenado (pequeno espaço pleural em branco); Direita: Plano sagital, ventilação em posição supina, tubo orotraqueal e dreno torácico. ....	53
Figura 21 - Plataforma Clínica EV1000. ....	54
Figura 22 - Animação cardiovascular. ....	54
Figura 23 - Alarmes-Opções e Conduas Não VM antes e depois das alterações sugeridas por especialistas. ....	55
Figura 24 - Botões de Ajuda e Referências para consulta antes e depois das alterações sugeridas por especialistas. ....	56

Figura 25 - Visão geral de opção do simulador sem exposição de: ajudas, referências, alarmes, opções, animação CV, Curva PxV ou FV.....	57
Figura 26 - Visão geral do simulador com animação do tórax em plano axial, ajudas, referências, alarmes, opções e animação CV, aguardando início da simulação.....	57
Figura 27 - Visão geral do simulador com animação tórax em plano sagital, ajudas, referências, alarmes, opções e animação Curva PxV.....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Dispersão e linha de tendência da média dos pontos de Likert obtidos dos especialistas e dos alunos após o uso do *software* para cada assertiva..... 72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características da Qualidade de <i>Software</i> segundo a ISO/IEC 9126-1 (NBR 13596) .....	31
Quadro 2 - Subcaracterísticas da Qualidade de <i>Software</i> segundo a ISO/IEC 9126-1 (NBR 13596) .....	31
Quadro 3 - Numeração das respectivas asserções, por dimensão, contidas no instrumento de percepção .....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Opinião de especialistas em relação as questões sobre o <i>software</i> segundo a Escala de Likert. Em negrito o número total de especialistas e a opção escolhida .....	60
Tabela 2 - Quantidade de acertos dos 26 alunos nas dez questões (Q) .....	66
Tabela 3 - Opinião dos alunos em relação as questões sobre o <i>software</i> segundo a Escala de Likert. Em negrito o número total de alunos e a opção escolhida.....	67
Tabela 4 - Média dos pontos de Likert para cada assertiva na opinião dos especialistas e alunos .....	73

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AUTOPEEP	Pressão Positiva Expiratória Final Intrínseca
BIPAP	Pressão Positiva em Vias Aéreas a dois níveis
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CPAP	Pressão Positiva Contínua nas Vias Aéreas
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DC	Débito Cardíaco
ETCO <sub>2</sub>	<i>End-Tidal Carbon Dioxide</i> ( Dióxido de Carbono Expiratório Final)
ICC	Insuficiência Cardíaca Congestiva
IMC	Índice de Massa Corpórea
HCO <sub>3</sub>	Bicarbonato
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
O <sub>2</sub>	Oxigênio
pO <sub>2</sub>	Pressão Parcial de Oxigênio Arterial
pCO <sub>2</sub>	Pressão Parcial de Dióxido de Carbono Arterial
pO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	Relação entre a Pressão Parcial de Oxigênio Arterial e a Fração Inspirada de Oxigênio
PCV	Ventilação Controlada a Pressão
PVC	Pressão Venosa Central
PCP	Pressão Capilar Pulmonar
PEEP	Pressão Positiva Expiratória Final
P0.1	Pressão de Oclusão Inspiratória a 0.1 segundos
pH	Potencial Hidrogeniônico
PS	Pressão de Suporte
RVP	Resistência Vascular Sistêmica
RVS	Resistência Vascular Pulmonar
SARA	Síndrome de Angústia Respiratória do Adulto
SpO <sub>2</sub>	Saturação periférica (pulso) de Oxigênio em porcentagem
SatO <sub>2</sub>	Saturação Arterial de Oxigênio em porcentagem

SaO <sub>2</sub> V	Saturação Venosa Central de Oxigênio em porcentagem
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TGI	<i>Tracheal Gas Insufflation</i> ( Insuflação Traqueal de Gás)
VCI	Veia Cava Inferior
VCV	Ventilação Controlada a Volume
VM	Ventilação Mecânica
VS	Volume Sistólico do Ventrículo Esquerdo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2 HIPÓTESE</b> .....	<b>23</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2 Objetivos Específicos:</b> .....	<b>25</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1 Referencial Teórico para elaboração da Base de Cálculos</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2 Elaboração de Textos, Pré-teste e Pós-Teste</b> .....	<b>27</b>
<b>4.3 Desenvolvimento e Teste do <i>Software</i></b> .....	<b>27</b>
4.3.1 Elaboração de textos, fórmulas, formulários, animações .....	28
<b>4.4 Sujeitos da Pesquisa</b> .....	<b>29</b>
<b>4.5 Aplicação e Avaliação do <i>Software</i></b> .....	<b>29</b>
4.5.1 Avaliação do <i>software</i> Norma ISO/IEC 9126 [NBR13596] .....	30
4.5.1.1 <i>Avaliação da Qualidade do Software por engenheiro de software</i> .....	30
4.5.1.2 <i>Avaliação do uso do Software pelos voluntários</i> .....	32
4.5.2 Avaliação do ganho cognitivo após utilização do <i>software</i> .....	34
<b>4.6 Análise dos Dados</b> .....	<b>34</b>
4.6.1 Pré e Pós-testes .....	34
4.6.2 Instrumento de Percepção .....	34
<b>5 RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
<b>5.1 Descrição dos Componentes do Simulador</b> .....	<b>38</b>
5.1.1 Parâmetros básicos para a simulação.....	38
5.1.2 Simulação do centro cardiorrespiratório .....	39
5.1.3 Simulação da gasometria e índices.....	40
5.1.4 Simulação dos parâmetros de ventilação.....	41
5.1.5 Simulação dos parâmetros hemodinâmicos.....	42
5.1.6 Gráficos e Animações .....	42
5.1.6.1 <i>Gráficos</i> .....	42
5.1.6.2 <i>Animações</i> .....	45

5.1.7 Formulário de Alarmes, Opções e Condutas não VM.....	54
5.1.8 Botões de Ajuda e Referências para consulta .....	55
5.1.9 Visão Geral do Simulador .....	56
<b>5.2 Avaliação do <i>Software</i> por engenheiro de <i>software</i>.....</b>	<b>58</b>
<b>5.3 Resultado da Avaliação do <i>Software</i> por especialistas .....</b>	<b>58</b>
5.3.1 Escala de Likert na opinião dos especialistas sobre o <i>software</i> . .....	59
5.3.2 Pontos positivos, negativos, comentários, críticas e sugestões .....	61
5.3.3 Avaliação qualitativa para os pontos positivos, negativos e sugestões (nº de avaliadores): .....	64
<b>5.4 Ajustes no <i>software</i> simulador após opinião dos especialistas .....</b>	<b>64</b>
<b>5.5 Avaliação em alunos .....</b>	<b>65</b>
5.5.1 Pré-teste e pós-teste após uso do simulador.....	65
5.5.2 Escala de Likert na opinião dos alunos sobre o <i>software</i> .....	66
5.5.3 Pontos positivos, negativos, comentários, críticas e sugestões. ....	68
5.5.4 Avaliação qualitativa para os comentários (nº de alunos):.....	71
<b>5.6 Ajustes na didática para simulação após opinião dos alunos .....</b>	<b>72</b>
<b>5.7 Correlação linear (r) entre a opinião dos especialistas e dos alunos .....</b>	<b>72</b>
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>75</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO B – AVALIAÇÃO DE ENGENHEIRO DE SOFTWARE.....</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE B - INSTRUMENTO DE PERCEPÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO SOFTWARE.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE C - QUESTÕES UTILIZADAS PARA PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE.....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE D – SUBPRODUTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: POSTER ....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE F – SUBPRODUTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: TEMA LIVRE .....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE G – SUBPRODUTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: ARTIGO ....</b>	<b>111</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica é um método terapêutico para os pacientes que necessitem suporte ventilatório artificial, seja oferecido de forma não invasiva (ex.: através máscaras faciais, capacete) ou invasiva (com acesso intratraqueal). O manejo adequado da ventilação mecânica é considerado de alta complexidade e depende de vários fatores técnicos e humanos. O fator técnico consiste em todos os materiais necessários para ventilação mecânica artificial, e o humano de característica multiprofissional. O envolvimento multiprofissional inicia desde a checagem correta de todo o sistema de ventilação mecânica até a sua utilização.

A aprendizagem na área de ventilação mecânica é necessária e o ambiente de simulação se mostra útil na introdução dos princípios básicos da mecânica pulmonar e interação entre o paciente e o ventilador<sup>1,2,3,4,5</sup>. O treinamento experimental em pulmões mecânicos propicia um ambiente de ensino capaz de simular situações clínicas e suas manifestações na mecânica pulmonar. A evolução da terapêutica do suporte ventilatório através de abordagem mecânica para a microprocessada impôs a necessidade da acessibilidade de um novo ambiente de simulação deste recurso. A simulação com o uso de um sistema microprocessado composto de manequim, gases, ventilador mecânico e monitores tornou o ambiente mais próximo da realidade, porém apesar de mais convidativo, exigiu investimento financeiro para manutenção adequada de todos os seus componentes, bem como regras para acesso controlado e supervisionado<sup>5</sup>. O *software* simulador computacional de ventilação mecânica abriu uma possibilidade de acesso irrestrito e livre na internet. Os *softwares* livres das empresas dos ventiladores são opções para o aprendizado nesta área, porém este recurso impõe seus conteúdos, a partir de situações padrão, sem a interferência das variáveis em um paciente. A evolução dos *softwares* de ventilação mecânica procurou a interatividade entre as alterações de parâmetros do ventilador mecânico e as alterações consequenciais em parâmetros num paciente<sup>1</sup>. O simuladores Xlung e Hamilton possibilitam alterar os parâmetros e permitir a correlação entre as situações clínicas, as variáveis de ventilação mecânica, a alteração na oximetria de pulso e na gasometria arterial em tempo real, mas não permitem verificar variáveis importantes como a resposta hemodinâmica e de complicações<sup>3</sup>. O ensino de VM para alunos sem a visualização da

hemodinâmica e/ou parâmetros estáticos pode ser utilizado dependendo dos objetivos específicos de ensino da graduação. Atualmente, como auxiliar de ensino da disciplina de Pneumologia, tenho a atribuição de ensinar o método de ventilação mecânica para alunos do curso de medicina, através de acesso *online* do *software* simulador Xlung, adquirido pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Durante as aulas, existe a necessidade de esclarecer prováveis ocorrências não visualizadas no escopo do simulador, e até complementar com outros dos importantes que poderiam estar disponíveis em tempo real.

A pandemia da *coronavirus disease 2019* (Covid-19) aumentou as internações por síndrome respiratória aguda, exigiu recursos e capacitação de profissionais para uso da VM. O ambiente de simulação, no estágio mais avançado do ensino, deve chamar a atenção para as possíveis intercorrências (hipotensão, atividade elétrica sem pulso, pneumotórax e aspiração) bem como para a estratégia mais adequada para enfrentamento destas situações. O ensino deve estimular a curiosidade, mostrando que a complexidade da terapêutica pode ser atenuada pelo um raciocínio sequencial lógico a partir de um diagnóstico. Se mais dados visuais estão disponíveis, o educador deixa de ser o senhor do conteúdo, para ser um dos participantes na condução desta linha terapêutica de suporte<sup>6</sup>. Dentro desta linha terapêutica o caminho certo mostra seu benefício e o errado os malefícios em tempo real. O cenário de uma simulação possibilita ao aluno ter tempo para esclarecer suas dúvidas consultando referências.

Diante desses fatos, observou-se a necessidade de desenvolver um *software* de simulação de ventilação mecânica com interação hemodinâmica e respiratória que se aproxime do ambiente real e possa preparar o educando para o enfrentamento supervisionado da insuficiência respiratória.

## **2 HIPÓTESE**

A simulação virtual de ventilação mecânica e seus efeitos na hemodinâmica aumentam o aprendizado do aluno para entendimento do tema e o uso racional e seguro do suporte ventilatório mecânico.



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

O presente projeto teve como objetivo principal elaborar e avaliar um *software* simulador, levando em consideração tanto as variáveis no manejo da ventilação mecânica quanto das principais variáveis sistêmicas que podem ser alteradas em consequência do procedimento.

#### 3.2 Objetivos Específicos:

1 - Elaborar um *software* que tenha visualização ativa através de curvas e das alterações nos parâmetros de ventilação mecânica, associar a estes parâmetros a pressão arterial, eletrocardiograma, capnografia e resposta cardiorrespiratória em tempo real.

2 - Avaliar a qualidade técnica do *software* por engenheiro de *software*.

3 - Verificar a validade do conteúdo através de avaliação por especialistas (médicos e fisioterapeutas), bem como coletar a impressão sobre seus pontos positivos e negativos, comentários e sugestões.

4 - Avaliar a influência deste *software* na aprendizagem do conteúdo de ventilação mecânica através da sua aplicação em grupos de discentes do 5º ano de Medicina do Curso de Medicina da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde (FCMS) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), bem como avaliar seus pontos positivos e negativos.



## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Referencial Teórico para elaboração da Base de Cálculos**

Foram coletados dados na literatura que orientassem a elaboração da base de cálculos para execução dos gráficos e animações, assim como discussão com o especialista da Divisão de Tecnologia da Informação (DTI) para checagem dos cálculos e orientação nas animações<sup>7, -21</sup>.

### **4.2 Elaboração de Textos, Pré-teste e Pós-Teste**

Elaboraram-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), textos de ajuda para o entendimento no manejo da ventilação mecânica junto com as ilustrações para explicar as definições mais importantes presentes na literatura existente, com o objetivo de facilitar o aprendizado autodirigido. Já a elaboração do pré e pós-testes permite avaliar o impacto imediato do uso do simulador no aprendizado dos alunos. O pré-teste é constituído por 10 questões de múltiplas escolhas sobre o conhecimento prévio do tema (APÊNDICE C). O pré-teste seguiu as normas próprias das boas práticas de elaboração de testes e foi submetido e aprovado por dois especialistas com título de terapia intensiva: Dr. Jose Victor Miranda Pedroso e o Dr. Carlos Renato Imamura<sup>22</sup>. O pós-teste imediato tem conteúdo e respostas iguais ao pré-teste, mas com randomização da ordem das questões e eventualmente das suas alternativas.

### **4.3 Desenvolvimento e Teste do *Software***

O *software* foi desenvolvido pelo autor na tecnologia de conteúdo na *Web Hypertext Markup Language* (HTML) versão 5 com o editor livre Notepad++ versão 7.6.6., permitindo a elaboração de animações, simulações, cálculos, e arquivamento de dados<sup>23</sup>. O *software* foi composto de imagens, gráficos em tempo real, esquemas e textos. Este projeto contou com a participação ativa de Paulo Jose Hellmeister de Andrade, funcionário da Divisão de Tecnologia da Informação (DTI) à docência e pesquisa da PUC-SP campus Sorocaba. Vale ressaltar que ele possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade de Sorocaba (UNISO) e atualmente faz MBA em

Sistemas de Apoio a Decisão pela Faculdade Anhanguera conforme comprovado em seu Currículo Lattes.

O presente projeto faz parte de uma linha de pesquisa da Profa. Dra. Suzana Guimarães Moraes, que desenvolveu em sua tese de doutorado um *software* para o ensino da Embriologia Humana e na PUC-SP já orientou outros projetos cujos produtos foram *softwares* educacionais<sup>24,25,26</sup>.

#### 4.3.1 Elaboração de textos, fórmulas, formulários, animações

Seguindo as orientações técnicas de tutorial sob supervisão da DTI, foi adicionado todos os campos essenciais na linguagem HTML (*Hypertext Markup Language*)<sup>27</sup>. Todos os estilos dos componentes deste simulador foram feitos na linguagem CSS (*Cascading Style Sheets*). Todas as fórmulas foram editadas nas funções utilizando a linguagem de programação *Javascript*, permitindo, em tempo real, promover alterações em dados de formulários e desenhar animações e gráficos no elemento Canvas do HTML. Abaixo um exemplo de cálculo incluso no *software*:

...

$$PalvO_2 = (fio_2 * (\text{pressão barométrica} - 47) / 100) - (co_2 / 0.8);$$

...

Os resultados das fórmulas, em tempo real, foram registrados em duas tabelas diferentes. Uma para os dados ventilatórios e outra para os dados cardiovasculares.

Para animação ventilatória foi utilizada a média dos últimos cinco registros dos seguintes parâmetros: volume corrente máximo, fluxo ventilatório máximo, pressão de vias aéreas máxima, frequência respiratória, relação entre pressão parcial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio ( $pO_2/FiO_2$ ), espaço morto fisiológico, *shunt* pulmonar, produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), consumo de oxigênio ( $O_2$ ), resistência de vias aéreas e complacência pulmonar estática.

Para animação cardíaca foi utilizada a média dos últimos nove registros dos seguintes parâmetros: pressão arterial média, débito cardíaco e tempo de ciclo cardíaco.

O registro de dados nas tabelas, gera alterações dinâmicas em campos de formulários. Estas alterações dinâmicas ativam as animações tanto ventilatórias quanto cardiovasculares em tempo real. Para que estas animações sejam boas, o

processamento dos dados deve ser o melhor possível, e para este fim, somente permanecem arquivados os registros mínimos para cálculo da tendência das médias dos parâmetros.

#### 4.4 Sujeitos da Pesquisa

Após a autorização pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde (FCMS) campus de Sorocaba com parecer número 3.434.803 e Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 16188219.9.0000.5373 de 03/07/2019 (ANEXO A) seguiu-se a seguinte sequência de avaliação do simulador, com convite e preenchimento do TCLE (APÊNDICE A):

- 1) Avaliação por um engenheiro de *software*
- 2) Avaliação por especialistas: poderiam avaliar sem restrição qualquer característica do simulador. Foram convidados nove especialistas, seis eram professores.

Os especialistas eram profissionais assistenciais de fisioterapia ou medicina intensiva, que estavam trabalhando nos últimos 2 anos com ventilação mecânica e/ou tinham experiência docente na área.

- 3) Percepção sobre a simulação (APÊNDICE B) e ganho cognitivo sobre o tema (pré e pós-teste – APÊNDICE C) de seis grupos, de cinco a sete alunos do 5º Medicina da FCMS, que estivessem passando na área de concentração de Pneumologia.

O número de alunos participantes deveria ser próximo à 25 alunos como em outras pesquisas que utilizaram apenas *softwares* simuladores de VM<sup>1,52</sup>.

#### 4.5 Aplicação e Avaliação do *Software*

Foi através de um estudo experimental sem grupo controle e não randomizado. Inicialmente o *software* foi submetido à avaliação de sua qualidade técnica por engenheiro e depois do seu conteúdo por especialistas. Após a aprovação do engenheiro e especialistas, todas as atividades com alunos foram feitas *online* com uso da ferramenta Microsoft Teams (MT). A atividade com os alunos foi no primeiro dia de

exposição teórica sobre o tema de insuficiência respiratória e ventilação mecânica, gravada no MT, tempo previsto de 75 minutos, e ao final foi disponibilizado arquivos para estudo. No segundo dia de atividade (três a sete dias após a exposição teórica):

- a) responder um pré-teste com 10 perguntas de múltipla escolha (APÊNDICE C) no site Classtime com o objetivo de identificar a grau de conhecimento prévio sobre o tema, tempo previsto de 15 minutos
- b) foram apresentados ao *software* na atividade de simulação sobre ventilação mecânica em diagnóstico restritivo e obstrutivo compartilhada no MT pelo professor e/ou alunos, tempo previsto de 90 minutos
- c) por convite preencher no Google Forms: o TCLE (APÊNDICE A) e o instrumento de percepção (APÊNDICE B) onde poderiam avaliar a atividade de simulação e a qualidade do simulador, tempo previsto de 10 minutos
- d) responder pós-teste (similar ao pré-teste) com objetivo de avaliar o ganho cognitivo sobre o tema, tempo previsto de 15 minutos
- e) ao final discussão dos testes, tempo previsto de 15 minutos.

Para avaliação e aplicação do *software* foi disponibilizado o link:

<https://www5.pucsp.br/medicina/simuladorvm/>

usuário: simuladorvm

senha: PuC@2021

#### 4.5.1 Avaliação do *software* Norma ISO/IEC 9126 [NBR13596]

##### 4.5.1.1 Avaliação da Qualidade do Software por engenheiro de software

A avaliação técnica do *software* (ANEXO B) foi realizada por engenheiro de *software* do presente projeto de acordo com a norma NBR 13596, que determina as características de qualidade do *software*<sup>28</sup>. Esta norma foi traduzida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a partir da Norma 9126 da *International Organization for Standardization* em conjunto com a *International Electrotechnical Commission* (ISO/IEC)<sup>29</sup>. A qualidade em uso pode ser medida através da operação do produto em condição de uso normal ou simulada, verificando-se a existência e nível das Características (Quadro 1) e Subcaracterísticas (Quadro 2) definidos na Norma ISO/IEC

9126-1 (NBR13596) cancelada em 2013, mas ainda exigida na norma vigente ISO/IEC 25062:2006.

Quadro 1 - Características da Qualidade de *Software* segundo a ISO/IEC 9126-1 (NBR 13596)

DIMENSÃO	SIGNIFICADO	PERGUNTA CHAVE
Funcionalidade	Evidencia o conjunto de funções que atendem às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto.	Satisfaz as necessidades?
Confiabilidade	Evidencia a capacidade do produto de manter seu desempenho ao longo do tempo e em condições estabelecidas.	É imune a falhas?
Usabilidade	Evidencia a facilidade para a utilização do produto.	É fácil de usar?
Eficiência	Evidencia o relacionamento entre o nível de desempenho do produto e a quantidade de recursos utilizados, sob condições estabelecidas.	É rápido e “enxuto”?
Manutenibilidade	Evidencia o esforço necessário para realizar modificações no produto.	É fácil de modificar?
Portabilidade	Evidencia a capacidade do produto de ser transferido de um ambiente para outro.	É fácil de usar em outro ambiente?

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Quadro 2 - Subcaracterísticas da Qualidade de *Software* segundo a ISO/IEC 9126-1 (NBR 13596)

CARACTERÍSTICAS	SUBCARACTERÍSTICAS	PERGUNTA CHAVE PARA A SUBCARACTERÍSTICA
Funcionalidade	Adequação	Propõe-se a fazer o que é apropriado?
	Acurácia	Faz o que foi proposto de forma correta?
	Interoperabilidade	Interage com os sistemas especificados?
	Conformidade	Está de acordo com as normas, leis etc.?
	Segurança de Acesso	Evita acesso não autorizado aos dados?

Quadro 2 - Subcaracterísticas da Qualidade de Software segundo a ISO/IEC 9126-1 (NBR 13596)

(continuação)

CARACTERÍSTICAS	SUBCARACTERÍSTICAS	PERGUNTA CHAVE PARA A SUBCARACTERÍSTICA
Confiabilidade	Maturidade	Com que frequência apresentam falhas?
	Tolerância às falhas	Ocorrendo falhas como ele reage?
	Recuperabilidade	É capaz de recuperar dados em caso de falha?
Usabilidade	Inteligibilidade	É fácil entender o conceito e a aplicação?
	Apreensibilidade	É fácil aprender a usar?
	Operacionalidade	É fácil de operar e controlar?
Eficiência	Tempo	Qual é o tempo de resposta e a velocidade de execução?
	Recurso	Quanto recurso usa? Durante quanto tempo?
Manutenibilidade	Analisabilidade	É fácil de encontrar uma falha, quando ocorre?
	Modificabilidade	É fácil modificar, adaptar?
	Estabilidade	Há grande risco quando se faz alterações?
	Testabilidade	É fácil testar quando se faz alterações?
Portabilidade	Adaptabilidade	É fácil adaptar para outros ambientes?
	Capacidade para ser instalado	É fácil instalar em outros ambientes?
	Conformidade	Está de acordo com padrões de portabilidade?
	Capacidade para substituir	É fácil usar para substituir outro?

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

#### 4.5.1.2 Avaliação do uso do Software pelos voluntários

Para avaliar o uso do *software* e complementar a avaliação de seu conteúdo os usuários foram convidados a responder, ao término do uso, um instrumento de percepção caracterizado por um questionário de coleta dos dados. Os voluntários serão orientados a não deixar de se posicionar sobre nenhuma das asserções (APÊNDICE

B). O instrumento de percepção é constituído de página de rosto, onde são dadas as instruções para o respondente e corpo, no qual serão pulverizadas aleatoriamente as várias asserções (dentro de cada dimensão avaliada – Quadro 3) sobre o uso do *software* e do seu conteúdo. Os usuários deverão concordar plenamente, concordar, ser indiferente, discordar ou discordar plenamente, conforme escala de Likert<sup>30</sup>. Neste questionário ainda há um campo aberto onde o usuário puderam relatar os aspectos positivos e negativos do *software* utilizado, assim como comentários, críticas e sugestões que julgaram importante (APÊNDICE B) . Este questionário foi validado por Moraes e Pereira, 2010<sup>24</sup>.

Quadro 3 - Numeração das respectivas asserções, por dimensão, contidas no instrumento de percepção

DIMENSÃO	ASSERÇÕES
Eficiência da metodologia para o ensino da ventilação mecânica e suas consequências	1. O conteúdo do <i>software</i> ajuda a entender o uso racional da Ventilação mecânica. 9. A metodologia desperta meu interesse para o aprendizado. 12. É importante a iniciativa de avaliar uma metodologia de ensino. 13. A metodologia de ensino estimula o raciocínio. 16. O <i>software</i> acrescenta pouco àquilo já visto em sala de aula 17. A metodologia torna um assunto complexo como a ventilação mecânica mais interessante.
Disponibilidade do <i>software</i> (recursos didáticos)	2. O <i>software</i> deve estar à disposição dos alunos, para a utilização extraclasse. 5. A melhor maneira de colocar o <i>software</i> à disposição do aluno é <i>online</i>
Qualidade do <i>software</i> (recursos didáticos)	3. A quantidade do conteúdo abordado é excessiva. 6. O <i>software</i> é de fácil utilização. 10. Deve ser produzido material semelhante adaptado para outras áreas ou disciplinas. 11. O material como um todo é de boa qualidade.
Importância da metodologia na formação profissional	4. Os conteúdos abordados no <i>software</i> não são relevantes à formação do profissional da saúde. 7. Esta metodologia de ensino permite interação entre várias disciplinas ou áreas. 8. Esta metodologia não integra teoria e prática. 14. Esta metodologia de ensino não aproxima a área básica da área clínica. 16. Esta metodologia está de acordo com os objetivos da Reforma Curricular.

Fonte: Moraes e Pereira (2010)<sup>24</sup>.

#### 4.5.2 Avaliação do ganho cognitivo após utilização do *software*

Para avaliar a aplicabilidade do *software* e o ganho cognitivo dos voluntários após a utilização dele, os alunos foram convidados a responder uma avaliação de pós-teste (similar ao pré-teste) composto por 10 questões de múltipla escolha no site Classtime para avaliar se houve modificação no grau de compreensão do tema apresentado<sup>31</sup>.

### 4.6 Análise dos Dados

#### 4.6.1 Pré e Pós-testes

Esta fase só foi iniciada após a aprovação do engenheiro de *software* e depois da avaliação dos especialistas obter nota no índice de validade de conteúdo (IVC)  $\geq 0,8$  e concordância nas assertivas  $\geq 70\%$  para todas as assertivas que o professor não pudesse orientar durante a atividade<sup>32</sup>. A correção das questões do pré-teste e pós-teste foi executada automaticamente pelo site Classtime tendo como base as respostas corretas do APÊNDICE C. As notas atribuídas foram de zero a dez e os resultados da correção foram comparados pelo teste “t” de *Student* na análise de dados do Microsoft Excel (Microsoft Office 365), com o valor de  $p$  com significado estatístico menor que 0,01.

#### 4.6.2 Instrumento de Percepção

Para análise dos dados do instrumento de percepção serão definidas quais asserções são positivas para o presente trabalho (por exemplo, “A metodologia de ensino estimula o raciocínio”) ou negativa (por exemplo, “Os conteúdos abordados no *software* não são relevantes à formação do profissional da saúde”). Será associada a elas uma escala atitudinal de concordância plena à discordância plena, com termos intermediários, inclinado a concordar e inclinado a discordar, uma escala numérica de intervalo constante, que, neste caso será para assertivas:

Positivas: CP=5, C=4, I=3, D=2 e DP=1

Negativas: CP=1, C=2, I=3, D=4 e DP=5

Siglas: CP=Concordo Plenamente, C=Concordo, I=Indiferente, D=Discordo, DP=Discordo Plenamente

Os cálculos para instrumento de percepção do *software*, visando possibilitar a aplicação de estatística paramétrica, foram:

- a) Média dos pontos em escala de Likert para cada asserção e a respectiva zona de atenção, de acordo com o resultado, foi atribuída as zonas de atenção<sup>25,26</sup>:  
1,00-2,33: zona de perigo  
2,34-3,66: zona de alerta  
3,67-5,00: zona de conforto
- b) Concordância: soma das opiniões com pontos atribuídos iguais a quatro ou cinco (a opção “indiferente” não foi considerada como concordante), dividido pelo total das opiniões para cada assertiva e depois convertida em porcentagem<sup>32</sup>.
- c) O índice de validade do conteúdo geral (IVC) foi obtido pela média da concordância de todas assertivas<sup>32</sup>.
- d) Qualitativa por semelhança para pontos positivos, negativos, comentários e sugestões<sup>33</sup>.
- e) Coeficiente de correlação linear (r) pela análise de dados do Microsoft Excel, utilizando a média dos pontos de Likert de cada assertiva para analisar a correlação entre a opinião dos especialistas e dos alunos<sup>33</sup>.



## 5 RESULTADOS

Após autorização do CEP da FCMS, o simulador foi desenvolvido com *design* de interação cardiopulmonar da ventilação mecânica composto de gráficos, animações, formulários para edição e de leitura (gasometria), botões para ajuda, botões para referências e a presença de fatores complicadores de forma randomizada. O simulador foi projetado para atividade presencial em laboratório de informática, sob a supervisão do professor, depois submetido a avaliação da sua qualidade por engenheiro de *software*.

Após aprovação e recomendações do engenheiro, o conteúdo deste *software* foi avaliado por profissionais especialistas que trabalhassem e/ou tivessem experiência docente com ventilação mecânica. A avaliação do simulador foi considerada aprovada pelos especialistas, obtendo o valor do IVC maior que 0.80, mesmo com média dos pontos de Likert em zona de alerta em uma ou mais questões do instrumento de percepção, mas desde que a presença do professor pudesse superá-la.

Depois da aprovação dos especialistas todos alunos do 5º de medicina participaram das atividades (pré-teste, simulação com supervisão, pós-teste e discussão de teste), pois não poder-se-ia oferecer atividades diferentes no estágio normal na área, mas a decisão de participar da pesquisa foi feita por convite, e após aceitar os termos do TCLE puderam preencher o instrumento de percepção e nos campos livres poderia expressar suas opiniões sobre toda a atividade.

As prováveis sugestões e mudanças necessárias no *software* só poderiam ser efetuadas após o término da avaliação do engenheiro, especialistas e alunos. A atividade expositiva inicial foi a mesma para todos os grupos, mas as mudanças na didática poderiam ser tentadas durante a atividade de simulação.

## 5.1 Descrição dos Componentes do Simulador

### 5.1.1 Parâmetros básicos para a simulação

Os parâmetros básicos para simulação (formulário azul) permitem a escolha pelo usuário dentro de certos limites ou opções: o grau de dificuldade, o diagnóstico principal, segundo diagnóstico, sexo, idade, altura, posição no leito (importante nas simulações de SARA), temperatura, dosagem de hemoglobina e pressão barométrica. A mudança do nível de dificuldade para “HARD” randomiza a presença do Índice de Massa Corpórea (IMC) maior que 30, pneumotórax, vazamento e aspiração, ausentes no nível “NORMAL”. No nível “HARD”, se a randomização selecionar a presença concomitante do IMC maior que 30 e aspiração, a simulação será mais difícil. Os fatores complicadores pneumotórax e vazamento tem tratamento e correção conforme a literatura. Os parâmetros modificados de forma indireta, após escolha do diagnóstico principal, foram: complacência pulmonar estática, resistência de vias aéreas, relação entre pressão parcial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio (“ $pO_2/FiO_2$ ”), espaço morto fisiológico (“P. Dead Space”), *shunt* pulmonar (“Shunt%”), estado de hidratação (quando se adiciona um segundo diagnóstico), volume sistólico do ventrículo esquerdo (VS), ponto de inflexão inferior e superior da curva pressão-volume, resistência vascular sistêmica (RVS), randomização de aparecimento das complicações como vazamento, aspiração e/ou pneumotórax. O valor do IMC e da capacidade residual funcional foi recalculado na mudança de opção feminino/masculino<sup>12</sup>. O valor do IMC maior ou igual a 30 foi considerado elevado<sup>9</sup>. Algumas alterações param a simulação ventilatória e ativam o botão “Confirme/Start” e desabilitam o botão “Stop”. O botão “Precisa Ajuda?” permite acesso aos botões de “Referências”, “Ajuda”, “Alarmes e Opções”, o botão “Fechar Ajuda?” oculta o acesso nestes itens (Figura 1).

Figura 1 - Formulário dos parâmetros básicos para simulação antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.

ANTES DOS AJUSTES E DA AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS	
Diagnóstico: <input type="text" value="NORMAL"/>	2° diagnóstico: <input type="text" value="Sem outro diagnóstico"/> <input type="button" value="Confirme/Start"/> <input type="button" value="Stop"/>
Idade: <input type="text" value="45"/> Sexo: <input type="text" value="Feminino"/>	Altura(cm): <input type="text" value="160"/> IMC(Kg/m2): <input type="text" value="33,5"/> Temperatura Pac.(°C): <input type="text" value="37"/> Hb(g/dL): <input type="text" value="14"/>
Posição no leito: <input type="text" value="Axial Supina"/>	Pressão Barométrica/Altitude: <input type="text" value="760mmHg/0m"/> Tempo de Simulação(seg.): <input type="text" value="329,66153"/>
APÓS OS AJUSTES E AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS	
Dificuldade: <input type="text" value="NORMAL"/>	Diagnóstico: <input type="text" value="NORMAL"/> 2° diagnóstico: <input type="text" value="Sem outro diagnóstico"/> <input type="button" value="Confirme/Start"/> <input type="button" value="Stop"/>
Idade: <input type="text" value="45"/> Sexo: <input type="text" value="Feminino"/>	Altura(cm): <input type="text" value="160"/> IMC(Kg/m2): <input type="text" value="20,4"/> Temperatura Pac.(°C): <input type="text" value="37"/> Hb(g/dL): <input type="text" value="14"/>
Posição no leito: <input type="text" value="Axial Supina"/>	Pressão Barométrica/Altitude: <input type="text" value="760mmHg/0m"/> <input type="button" value="Precisa Ajuda?"/>

Fonte: Autor.

### 5.1.2 Simulação do centro cardiorrespiratório

A simulação do centro cardiorrespiratório (CCR) periférico e central, que seguiu os princípios de fisiologia<sup>34</sup>, foi necessária para permitir a tentativa de autorregulação. O usuário só pode promover alguma alteração se modificar as condições da simulação, como por exemplo o modo de ventilação mecânica. Os parâmetros básicos que poderiam interferir seriam o potencial hidrogeniônico (“pH”), a pressão parcial de oxigênio arterial (“pO<sub>2</sub>”), a pressão parcial de dióxido de carbono (“pCO<sub>2</sub>”) e a temperatura, que no simulador seguiram a referência de fisiologia. Outras condições poderiam intervir na resposta cardiorrespiratória como a ocorrência de pneumotórax. A falência cardiovascular pode ser consequência de alterações do centro cardiorrespiratório ou de diagnóstico(s) selecionado(s). A atividade elétrica sem pulso é desencadeada por acidose ou alcalose grave. Na simulação foi definido que a acidose grave com “pH” menor que 6.8 e a alcalose grave com “pH” maior que 7.8 (embora a referência cite 8)<sup>34</sup>. O CCR interfere diretamente na frequência cardíaca e respiratória, volume sistólico, resistência vascular sistêmica e pulmonar. Uma falta de interação entre o tempo inspiratório do CCR e o da ventilação mecânica pode provocar assincronias. O formulário do CCR não é visível.

### 5.1.3 Simulação da gasometria e índices

O formulário de cor rosa, "GAS.ARTERIAL:" (Figura 2) simula a gasometria arterial e índices em tempo real. Para cálculo do gasto energético foi utilizada a fórmula de Harris-Benedict (completa). Com resultado do gasto energético, considerando o quociente respiratório igual a 0,8 foi utilizado a fórmula de Weir para estimar a produção de dióxido de carbono e o consumo de oxigênio<sup>21</sup>. O modo assistido teve um acréscimo de 10% no gasto energético em comparação com o modo controlado de ventilação mecânica<sup>21</sup>.

O cálculo para ajuste do "pH" foi efetuado através da equação de Henderson-Hasselbalch. A "pO<sub>2</sub>" foi calculada a partir da pressão alveolar de oxigênio e da relação "pO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>". A "pCO<sub>2</sub>" foi calculada a partir da ventilação alveolar, espaço morto fisiológico e produção de dióxido de carbono. O bicarbonato arterial ("pHCO<sub>3</sub>") foi calculado no valor esperado conforme valor da "pCO<sub>2</sub>" e "pH", sendo que em algumas situações, seu valor será reduzido numa simulação onde a oferta seja menor que o consumo de oxigênio. A saturação de oxigênio foi calculada para duas apresentações: a gasométrica arterial e a de pulso. A saturação gasométrica arterial ("SatO<sub>2</sub>%") foi obtida através da equação de Kelman a partir dos dados obtidos por Severinghaus, utilizando a paO<sub>2</sub>, "pCO<sub>2</sub>", "pH" e temperatura<sup>35</sup>. O método de Fick foi utilizado para calcular a saturação gasométrica venosa central, que aparece na simulação cardiovascular, a partir do conteúdo arterial de oxigênio, do consumo de oxigênio e do débito cardíaco.

Os índices de oxigenação como relação entre "pO<sub>2</sub>" e FiO<sub>2</sub> ("pO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>"), e os de ventilação/perfusão como a pressão alveolar de oxigênio ("pAlvO<sub>2</sub>"), *shunt* pulmonar ("Shunt%") e o espaço morto fisiológico ("P. Dead Space") são calculados automaticamente e de acordo com a evolução da simulação. O índice de Tobin foi calculado a partir da divisão do volume corrente (VC) em litros pela frequência respiratória, para avaliar sucesso de desmame da ventilação mecânica. A pressão de oclusão inspiratória a 0.1 segundos para avaliar a resposta do centro respiratório ("P0.1"), úteis para desmame de ventilação mecânica, são calculados de forma contínua. A opção de "Other index?" permite visualizar os índices "pAlvO<sub>2</sub>", "Tobin" e "P0.1".

Figura 2 - Formulário da Gasometria Arterial e Índices antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.

ANTES DOS AJUSTES E DA AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS											
GASOMETRIA ARTERIAL: pH:	7,39	pO <sub>2</sub> :	88,7	pCO <sub>2</sub> :	37,5	pHCO <sub>3</sub> :	24,0	SatO <sub>2</sub> (%):	96		
paO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> :	401	pAlvO <sub>2</sub> :	102,9	Dead Space Fis.:	0,25	Shunt(%):	3	Tobin:	40,9	P0.1:	0,55
APÓS OS AJUSTES E AVALIAÇÃO DOS ESPECIALISTAS											
GAS. ARTERIAL: pH	7,36	pO <sub>2</sub>	84	pCO <sub>2</sub>	45,3	pHCO <sub>3</sub>	24,0	SatO <sub>2</sub> (%)	95	pO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub>	401
P. Dead Space	0,25	Shunt(%)	3	Other Index?	Não						

Fonte: Autor.

A saturação de oxigênio de pulso, vista em “OXIMETRO”, é o valor da saturação da gasométrica arterial que sofre influência do valor da pressão arterial média. Na sua animação tem cores de aviso: vermelho para valores menores que 60, dourado para valores maiores ou iguais a 60 e inferiores ao alarme de saturação mínima (vide formulário de opções) e azul para valores maiores ou iguais ao alarme (Figura 3).

Figura 3 - Oxímetro de Pulso

OXIMETRO	<div style="width: 94%; height: 15px; background-color: blue;"></div>	94%
----------	---	-----

Fonte: Autor.

#### 5.1.4 Simulação dos parâmetros de ventilação

Na simulação dos parâmetros de ventilação (formulário de cor bege) foi optado por cinco opções de modo. No modo ciclado a volume (VCV), assistido controlado, com opção de usar fluxo ou tempo de rampa (“Fluxo/RiseTime”) e o tipo de onda de fluxo. No modo ciclado a tempo com pressão controlada (PCV), assistido controlado, usa *risetime*, com a opção de usar insuflação intratraqueal de gás (TGI) se necessário<sup>13</sup>. No modo pressão de suporte (PS), espontânea assistida, tem a opção de ajuste do backup de apneia (modo PCV). O modo de pressão em dois níveis de pressão (BIPAP), não invasivo assistido, usa o modo PCV, o valor da pressão inspiratória é o valor máximo,

não possui backup de apneia. O modo CPAP é um modo espontâneo que oferece a pressão positiva contínua nas vias aéreas e a FiO<sub>2</sub>. Ao mudar qualquer parâmetro, exceto a pausa inspiratória, a simulação ventilatória para e necessita confirmação no botão “Confirme/Start”. A opção “Corrigir vazamento?” aparece na dificuldade “HARD” independente da presença de vazamento (Figura 4).

Figura 4 - Formulário desta simulação para o modo VCV antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.

FORMULÁRIOS VERSÃO INICIAL	
Modo Ventilatório	VCV
Fluxo/RiseTime	Fluxo
FiO <sub>2</sub> (%)	21
PEEP(cmH <sub>2</sub> O)	5
Onda Fluxo	Quadrada
Fluxo(L/min)	60
Volume(ml)	415
FR-VM(ipm)	17
%Pausa Insp. ciclo	0 % 1
Sensibilidade(cmH <sub>2</sub> O)	2
Pausa Exp.:	0 (s)
FORMULÁRIOS VERSÃO FINAL	
Modo Ventilatório	VCV
FiO <sub>2</sub> (%)	21
Fluxo/RiseTime	Fluxo
PEEP(cmH <sub>2</sub> O)	3
Onda Fluxo	Quadrada
Fluxo(L/min)	60
Volume(ml)	500
Corrigir vazamento?	não
FR-VM(ipm)	14
%Pausa Insp. ciclo	0 % 0
Sensibilidade(cmH <sub>2</sub> O)	2
Pausa Exp.:	0 (s)

Fonte: Autor.

### 5.1.5 Simulação dos parâmetros hemodinâmicos

Foi editado formulário para base de cálculo de hemodinâmica, sendo que seus resultados foram transcritos para uma tabela e depois disponibilizados (vide processamento dados) nos elementos canvas: Eletrocardiograma/Pressão Arterial invasiva (“ECG/PA”) e Cardiovascular (“CV”). Este formulário não é visível.

### 5.1.6 Gráficos e Animações

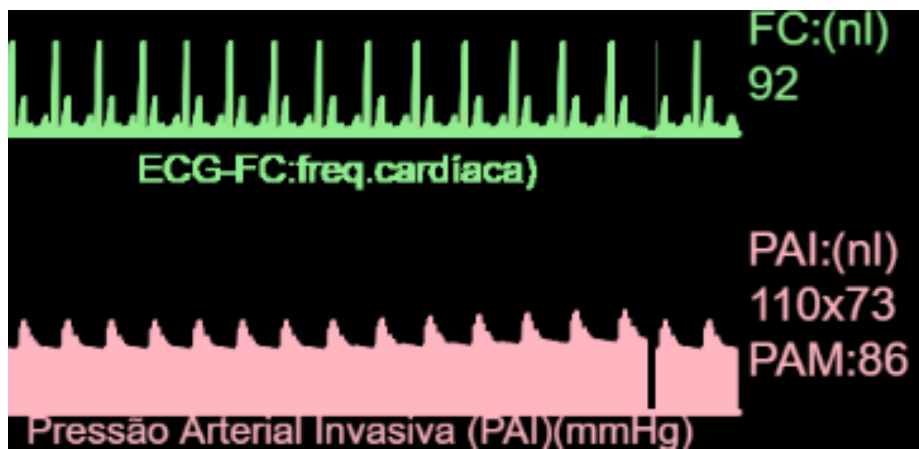
#### 5.1.6.1 Gráficos

Os gráficos cardiovascular e ventilatório em tempo real foram editados com a linguagem *Javascript* no elemento Canvas, a partir de campos com dados dinâmicos. Os valores dos parâmetros também são alterados em tempo real. As curvas novas são

desenhadas da esquerda para direita, apagando as curvas antigas reproduzindo os monitores reais.

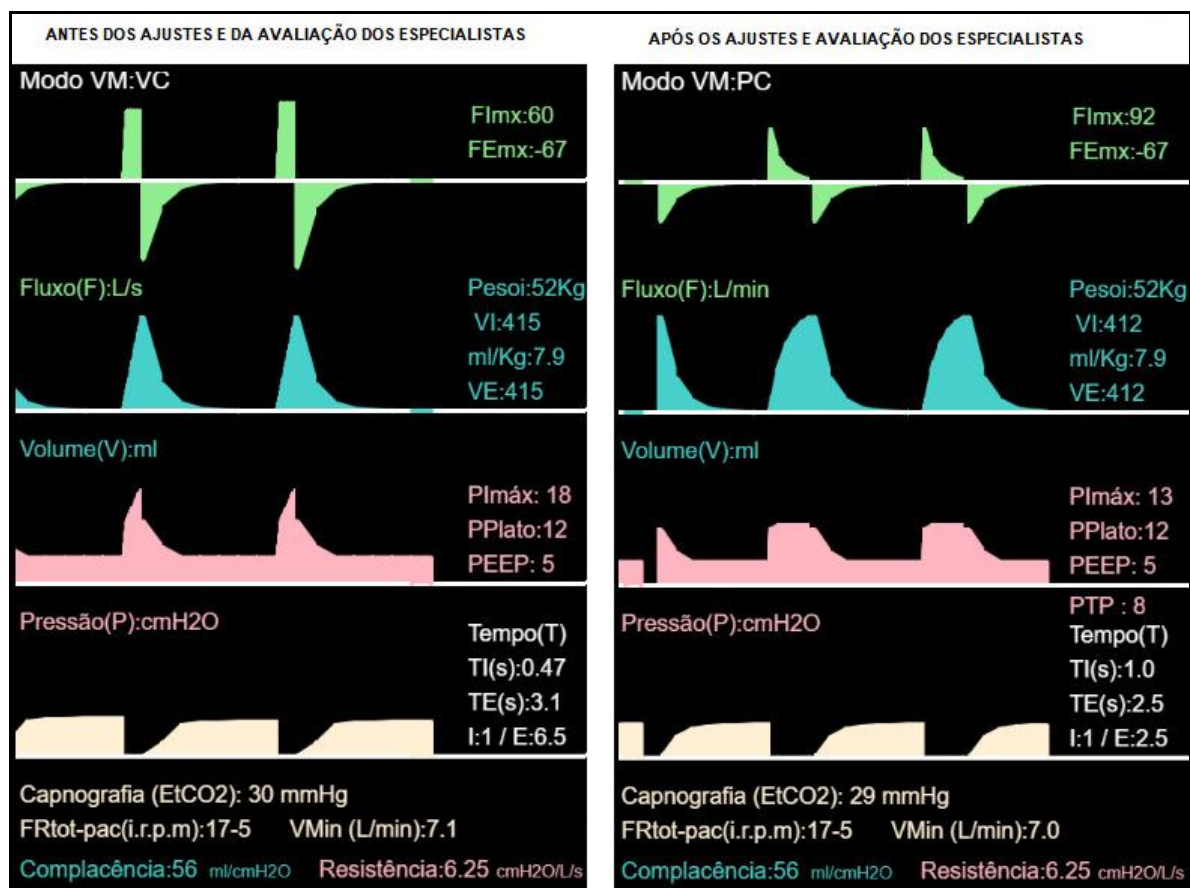
A Figura 5 simula o monitor de eletrocardiograma e pressão arterial invasiva ("ECG/PAI"), onde é possível verificar a frequência cardíaca ("FC") e os valores da pressão sistólica x diastólica, pressão arterial média (PAM) e suas oscilações na curva da pressão arterial invasiva ("PAI") e os alarmes visuais aparecem, em tempo real entre parênteses, como normal ("nl"), aumentado ("↑") ou diminuído ("↓"):

Figura 5 - Gráfico ECG/PAI



Fonte: Autor.

Figura 6 - Gráfico de Ventilação antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.



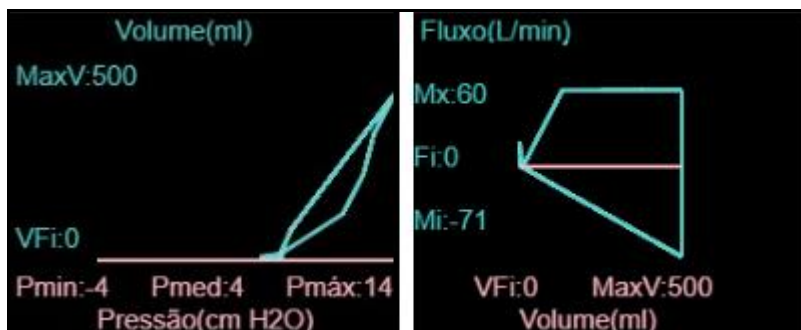
Fonte: Autor.

O monitor ventilatório (Figura 6) simula e identifica o modo de ventilação, as quatro curvas (fluxo, volume, pressão e capnografia) e os alarmes visuais em amarelo, com exceção do alarme de redução (“↓↓↓”) do CO<sub>2</sub> final expirado (“ETCO<sub>2</sub>”). Os parâmetros monitorados são VC inspirado (“VI”) e expirado (“VE”), peso ideal em kg (“Pesoi”), VC por quilo de peso ideal (“ml/Kg”), fluxo inspiratório máximo (“Flmx”) e expiratório máximo (“FEmx”), pressão inspiratória máxima (“Plmáx” ou “IPAP” ou “PEEPt”), pressão de platô (“PPlato”), pressão positiva expiratória final (“PEEP” ou “EPAP” ou “CPAP”), pressão transpulmonar (“PTP”), tempo(“T”) inspiratório (“I”) e expiratório (“E”), relação I/E, ETCO<sub>2</sub>, frequência respiratória atual e demanda do CCR simulada (“FRtot-pac”), volume minuto (“VMin”), complacência e resistência.

As curvas em tempo real de pressão X volume (PxV) ou fluxo X volume (FxV) são opcionais. O gráfico em tempo real da curva Pressão x Volume ou “PxV” (Figura 7) é opcional. Na linha horizontal permite visualizar em cor vermelha, em sequência, as pressões geradas na via aérea em cm H<sub>2</sub>O: mínima (“Pmin”), média (“Pmed”) e máxima (“Pmáx”). Na linha vertical, com cor azul, o maior valor é o volume corrente máximo inspirado (“MaxV”) e o menor é o volume final de ar aprisionado (“VFi”).

O gráfico da curva Fluxo x Volume ou “FxV” (Figura 7) é opcional. Na linha vertical permite visualizar, em sequência, os valores dos fluxos em L/min em azul: máximo (“Mx”), fluxo expiratório final (“Fi”) fluxo mínimo (“Mi”). Na linha horizontal em sequência, os valores dos volumes em vermelho: final expiratório (“VFi”) e máximo (“MaxV”).

Figura 7 – Esquerda: Curva PxV; Direita: Curva FxV



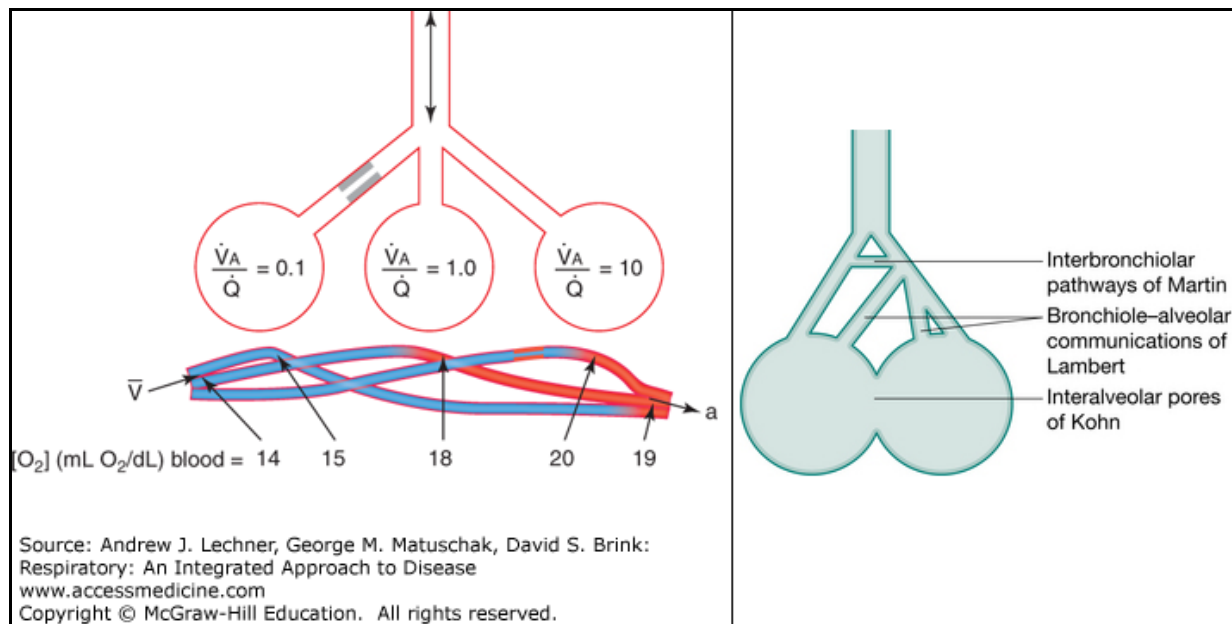
Fonte: Autor

### 5.1.6.2 Animações

Com base nas Figura oito, foi elaborado a animação alvéolo-capilar ao desenhar a movimentação de três alvéolos e três fluxos de hemácias (Figura 9), depois simulando os distúrbios de ventilação perfusão (Figura 9)<sup>36</sup>. A oscilação do diâmetro do alvéolo depende da capacidade residual funcional calculada e do volume de ar corrente<sup>12</sup>. Nesta simulação é possível visualizar o aumento espaço morto fisiológico e do *shunt* (Figura 9 e 10). Quando elipses aparecem no espaço entre o alvéolo e o capilar, estão simulando bolhas de ar no enfisema intersticial no pneumotórax (Figura 10). Uma rotura eminente é simulada no alvéolo da esquerda como uma esfera enchendo e depois

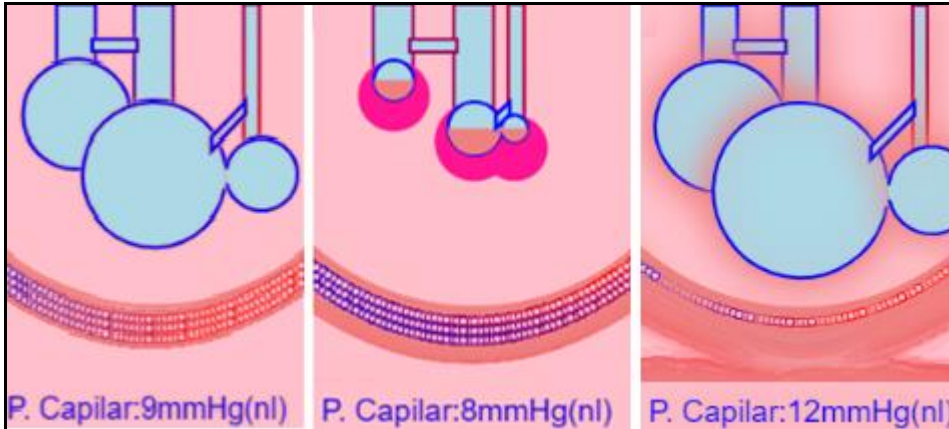
rompe (Figura 10). Um valor elevado da pressão positiva expiratória intrínseca (AUTOPEEP) diminui o diâmetro dos bronquíolos distais durante a expiração. O valor da pressão capilar pulmonar (PCP) com valor aumentado, aparece em tempo real, exemplo edema pulmonar (Figura 11). Na simulação da atividade elétrica sem pulso (AESP) não tem fluxo de hemácias (Figura 11).

Figura 8 – Direita: Valor Ventilação/Perfusão ( $\dot{V}_A/\dot{Q}$ ) com exemplos de *shunt*=0.1, normal=0.8-1, espaço morto=10. V:sangue venoso, a:sangue arterial; Esquerda: Vias de ventilação colateral alveolar.



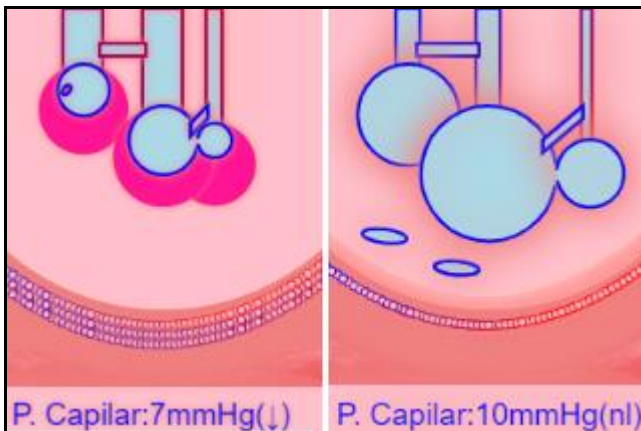
Fontes: Esquerda: [https://thoracickey.com/wp-content/uploads/2016/06/m\\_lec\\_ch8\\_f002.png](https://thoracickey.com/wp-content/uploads/2016/06/m_lec_ch8_f002.png); Direita: [https://thoracickey.com/wp-content/uploads/2016/06/B9780080449852500111\\_gr3.jpg](https://thoracickey.com/wp-content/uploads/2016/06/B9780080449852500111_gr3.jpg)

Figura 9 - Esquerda: Ventilação alveolar, fluxo capilar e hematose normal (simulador); Centro: *Shunt* (fluxo capilar com hematose incompleta), simulação da membrana hialina e nível hidroaéreo alveolar; Direita: Espaço morto (apenas um fluxo no capilar).



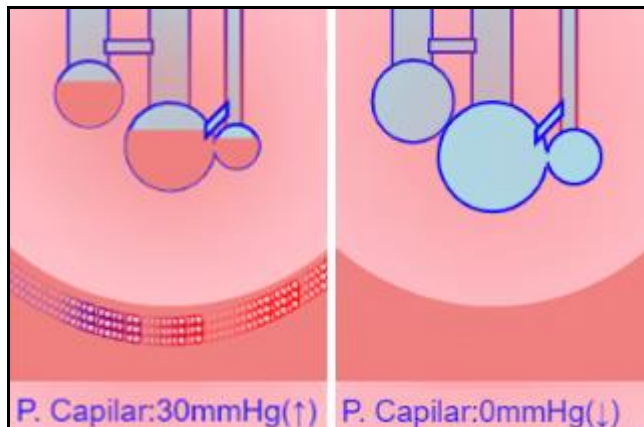
Fonte: Autor.

Figura 10 - Esquerda: *Shunt* (fluxo capilar com hematose incompleta), simulação da membrana hialina e pequena elipse (simula rotura) em alvéolo da esquerda; Direita: Enfisema intersticial (elipses neste espaço), espaço morto com apenas um fluxo no capilar.



Fonte: Autor.

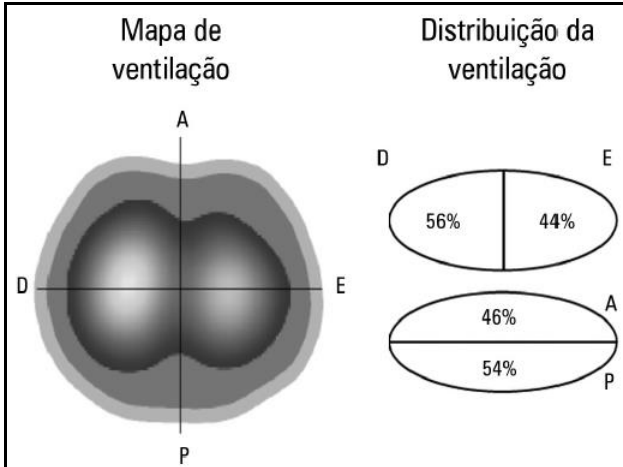
Figura 11 - Esquerda: Edema pulmonar, aumento da PCP, nível hidroaéreo alveolar e fluxos no capilar com hematose; Direita: Espaço morto na AESP com ausência de fluxo no capilar.



Fonte: Autor.

A animação no plano axial (Figuras 20 a 25) da ventilação pulmonar tem importância para simular a ventilação pulmonar bilateral, a distribuição do ar, densidade pulmonar tentando aproximar-se da visualização de uma impedância elétrica torácica (Figura 12) e de uma tomografia torácica (Figura 13), bem como a posição no leito supina e prona (Figura 14)<sup>37,38</sup>. A animação simula a aspiração como coleção dourada posterior, pneumotórax como espaço pleural em branco e redução do volume de um dos pulmões (Figura 15). A densidade pulmonar normal com cor azul (Figura 14) e alta de cor avermelhada (Figura 15). A animação do pneumotórax com dreno torácico com barotrauma não controlado com persistência do espaço pleural em branco visível e coletor com bolhas saindo do dreno (Figura 16), e drenagem torácica sem visualização do espaço pleural e bolhas no coletor (Figura 16)<sup>36</sup>.

Figura 12 - Tomografia de impedância elétrica de tórax. Distribuição da ventilação pulmonar. Regiões com ventilação em branco e as regiões colapsadas na periferia mais escuras. D - direita; E- esquerda; A – anterior; P – posterior.



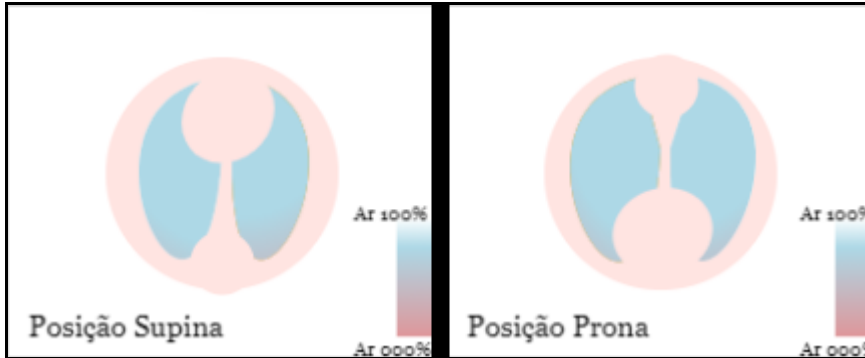
Fonte: Uso da tomografia por impedância elétrica torácica como ferramenta de auxílio às manobras de recrutamento alveolar. Rev Bra Ter Intensiva. 2015;27(4):408.

Figura 13 - Tomografia computadorizada do tórax.



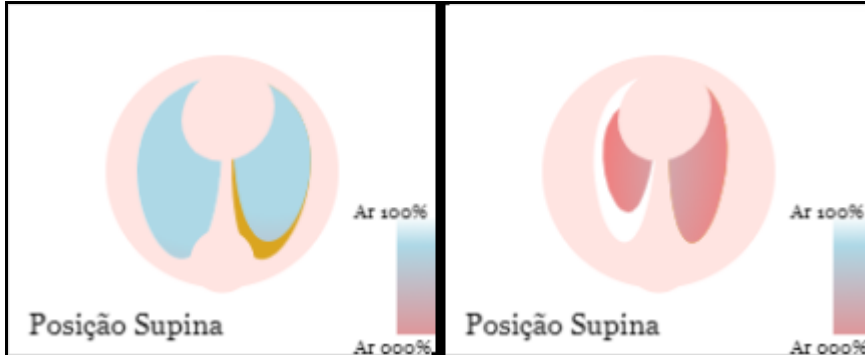
Fonte: [https://cedav.com.br/wp-content/themes/cedav/aulas/arquivos-aulas/diagnostico-por-imagem/TORAX\\_AULA\\_2.pdf](https://cedav.com.br/wp-content/themes/cedav/aulas/arquivos-aulas/diagnostico-por-imagem/TORAX_AULA_2.pdf)

Figura 14 - Esquerda: Plano axial, ventilação em posição supina, pulmões com densidade e volumes normais; Direita: Plano axial, ventilação em posição prona, pulmões com densidade e volumes normais.



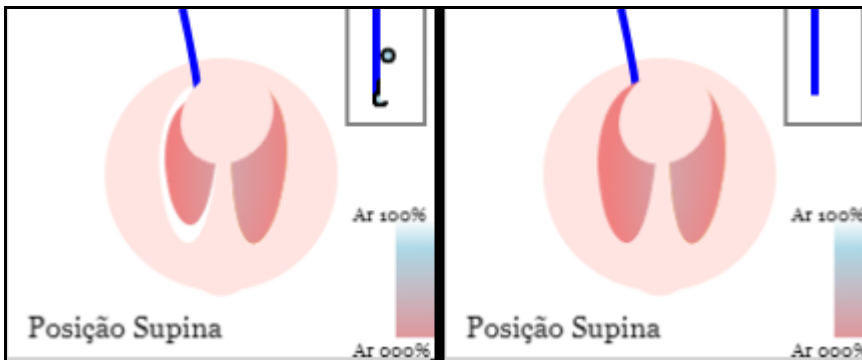
Fonte: Autor.

Figura 15 - Esquerda: Plano axial, ventilação em posição supina, pulmões com densidade e volumes normais, mas com aspiração (coleção dourada posterior); Direita: Plano axial, ventilação em posição supina, pneumotórax (espaço pleural em branco), pulmões com densidade alta e volumes heterogêneos.



Fonte: Autor.

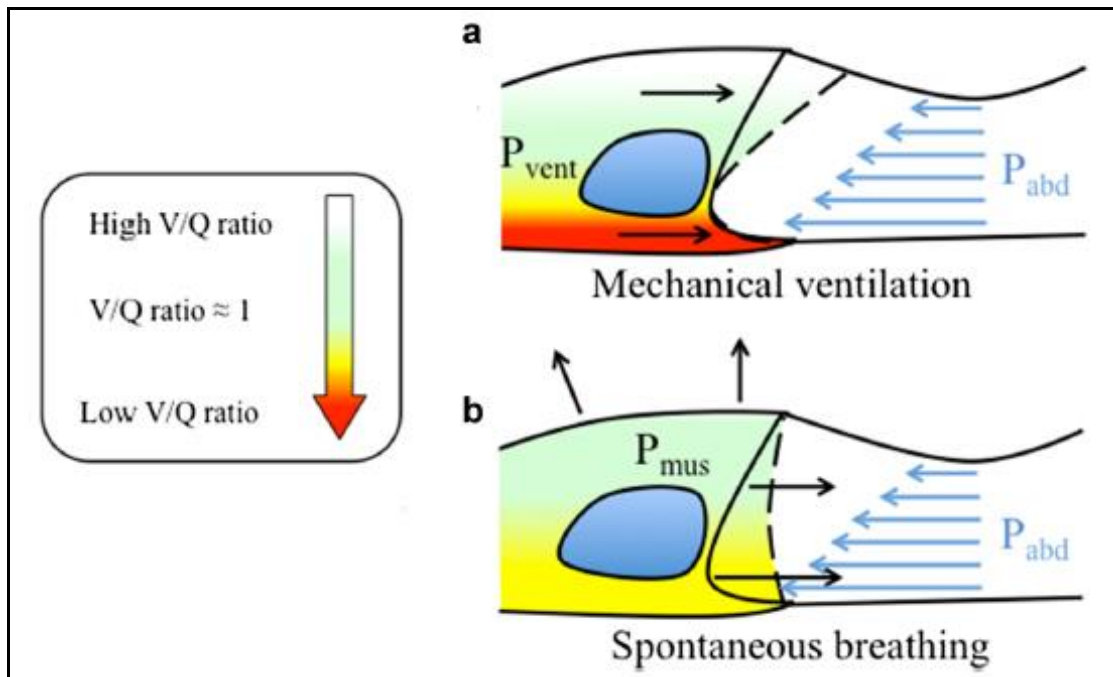
Figura 16 - Esquerda: Plano axial, ventilação em posição supina, dreno torácico, pneumotórax parcialmente drenado com bolhas no coletor e pulmões com densidade alta e volumes heterogêneos; Direita: Plano axial, ventilação em posição supina, dreno torácico sem bolhas no coletor, pulmões com densidade alta e volumes reduzidos de forma homogênea.



Fonte: Autor.

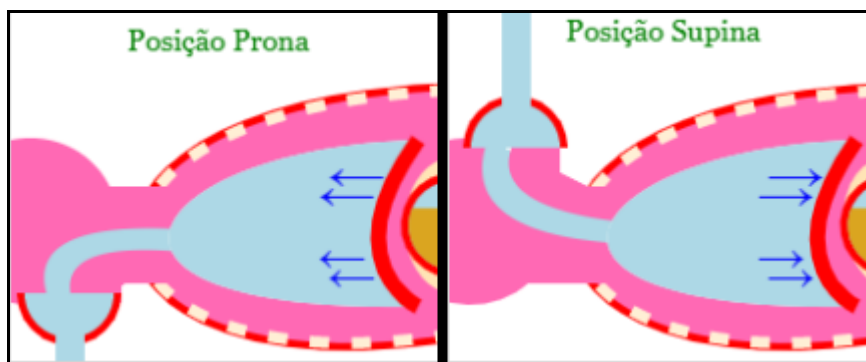
As animações no plano sagital foram inspiradas na Figura 17, tem como foco a simulação da expansão pulmonar supero-inferior e póstero-anterior, posição no leito, a movimentação do músculo diafragma com setas próximas mostrando o sentido cranial ou caudal, máscara facial ou tubo orotraqueal, músculos intercostais, estômago e outra estrutura abdominal em posição supina e prona (Figura 18)<sup>39,40</sup>. A aspiração de líquido gástrico no pulmão é visualizada como uma coleção posterior no pulmão de coloração igual ao nível de líquido do estômago (Figura 19). A animação do tubo orotraqueal com um cateter para insuflação intratraqueal de gás (TGI) utilizada para tratamento de hipercapnia de difícil controle (Figura 19). A ocorrência do pneumotórax demonstra a redução do volume do pulmão e visualização de espaço pleural em branco (Figura 20). O pneumotórax com dreno torácico por barotrauma não controlado e espaço pleural visível (Figura 20), e dreno torácico sem espaço pleural visível (Figura 20).

Figura 17 - Relação ventilação/perfusão ( $V/Q$  ratio) em pacientes em posição supina: a) Sob ventilação mecânica e relaxamento/sedação b) Em ventilação espontânea.



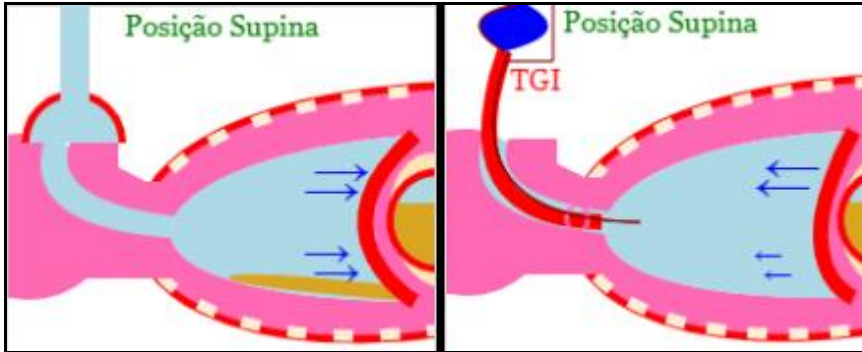
Fonte: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-016-1329-y/figures/1><sup>39</sup>

Figura 18 - Esquerda: Plano sagital, ventilação em posição prona com máscara facial; Direita: Plano sagital, ventilação em posição supina com máscara facial.



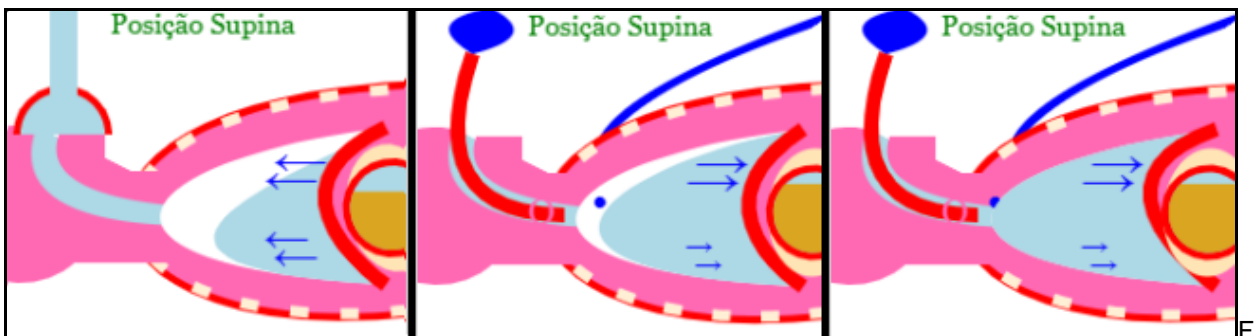
Fonte: Autor.

Figura 19 - Esquerda: Plano sagital, ventilação em posição supina com máscara facial, mas com aspiração (coleção posterior no pulmão igual ao nível de líquido do estômago); Direita: Plano sagital, ventilação em posição supina, tubo orotraqueal e TGI.



Fonte: Autor.

Figura 20 - Esquerda: Plano sagital, ventilação em posição supina com máscara facial e pneumotórax (espaço pleural em branco); Centro: Plano sagital, ventilação em posição supina, tubo orotraqueal e pneumotórax parcialmente drenado (pequeno espaço pleural em branco); Direita: Plano sagital, ventilação em posição supina, tubo orotraqueal e dreno torácico.

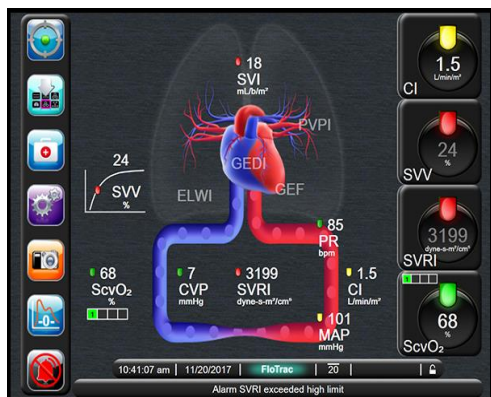


Fonte: Autor.

A animação cardiovascular (Figura 22) simula os batimentos e a contração dos ventrículos cardíacos, pulsação das artérias e veias que teve como inspiração a plataforma clínica EV1000 (Figura 21). A simulação também anima em tempo real os valores das resistências vascular pulmonar (RVP) e sistêmica (RVS), volume sistólico (VS) do ventrículo esquerdo, débito cardíaco (DC), a saturação venosa central de oxigênio (SaO<sub>2V</sub>) e a pressão venosa central (PVC). Os valores destes parâmetros são avaliados entre parênteses, em tempo real, como normal ("nl"), aumentado ("↑") ou diminuído ("↓"). Na simulação da atividade elétrica sem pulso os batimentos cardíacos e

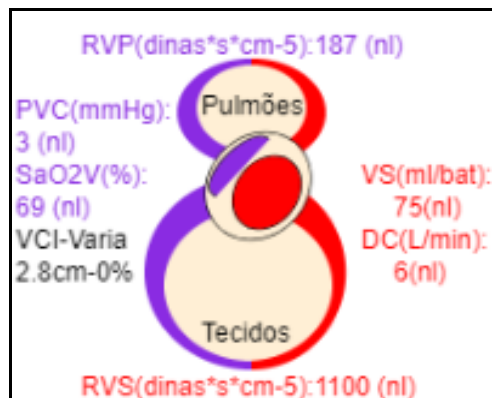
a pulsação param, e no caso de choque os achados podem variar de acordo com a etiologia. Nesta animação, abaixo da SaO<sub>2</sub>V foi adicionada o valor randomizado do diâmetro da veia cava inferior (VCI) e sua variação (varia) para avaliação da volemia<sup>41</sup>.

Figura 21 - Plataforma Clínica EV1000.



Fonte: [https://edwardsprod.blob.core.windows.net/media/Br/\\_Profiles/8ae8ae66/ce159e5a/intermittent-physiology-screen.jpg?v=637202469010000000](https://edwardsprod.blob.core.windows.net/media/Br/_Profiles/8ae8ae66/ce159e5a/intermittent-physiology-screen.jpg?v=637202469010000000)

Figura 22 - Animação cardiovascular.



Fonte: Autor.

### 5.1.7 Formulário de Alarmes, Opções e Condutas não VM

No formulário de cor amarela “ALARMES...OPÇÕES” (Figura 23), para “ALARMES” foram escolhidos valores padrões (mínimo e o máximo) para cada parâmetro, que podem ser alterados dentro de certos limites para “VENTILAÇÃO MECÂNICA” (exceção para ETCO<sub>2</sub> ou CO<sub>2</sub> final expirado que apresenta apenas a opção mínima) ou para “HEMODINÂMICA” (exceção SpO<sub>2</sub> que apresenta apenas a

opção mínima). Caso seja ultrapassado os valores determinados é ativado o som específico para alarme de parâmetro ventilatório e/ou cardiovascular. Alarmes visuais aparecem no canvas do gráfico de ECG/PA, em tempo real entre parênteses, como normal ("n"), aumentado ("↑") ou diminuído ("↓"). No canvas do gráfico de ventilação aparecem alarmes visuais somente quando os parâmetros ventilatórios estiverem fora dos seus limites determinados no formulário de alarmes/opções. Nas "OPÇÕES" existe a possibilidade de ativar o som, permitindo ouvir os batimentos cardíacos e ruídos respiratórios, bem como dos alarmes de ventilação e hemodinâmica, a visualização da animação dos dados de hemodinâmica (CV), Gráfico Pressão X Volume (Curva PxV), Gráfico Fluxo X Volume (Curva FxV) e o tempo de visualização das curvas em segundos da tela (padrão de 10 segundos)<sup>42</sup>.

No formulário de cor verde "Condutas não VM" (Figura 23) existem opções terapêuticas fixas ("Bicarbonato?", "Volume EV?", "Sedoanalgesia/BNM?", "Broncodilatador?", "Vasopressor?") que em algumas situações, são obrigatórias para o sucesso na simulação. A conduta "COT Ø:" só aparece se a simulação está nos modos de ventilação PS, VCV ou PCV. A conduta "Tratar ICC?" aparece apenas para diagnóstico principal "EDEMA AGUDO". A conduta "Drenagem Torácica?" só aparece no nível de dificuldade "HARD".

Figura 23 - Alarmes-Opções e Condutas Não VM antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.

FORMULÁRIOS VERSÃO INICIAL	
ALARMES->VENTILAÇÃO MECÂNICA(VM):	Pfinsp.máx: 35 Pfinsp.mín: 4 VolCor(ml/Kg)máx: 8 VolCor(ml/Kg)mín: 4 VolMin(L.min)máx: 10 VolMin(L.min)mín: 2 ETCO2mín: 10
FRmáx: 30 FRmín: 4	<-HEMODINÂMICA:SpO2mín: 90 FCmáx: 100 FCmín: 60 PAMmáx: 110 PAMmín: 65 ...OPÇÕES: Som? Não Curva PxV ou CV? CV Tempo Gráfico: 10seg
CONDUTAS Não VM:	Drenagem Torácica? Não Bicarbonato? Não Volume EV? Não Sedoanalgesia/BNM? Sedação e Analgesia Broncodilatador? Não Vasopressor? Não COT Ø: n°8.0
FORMULÁRIOS VERSÃO FINAL	
CONDUTAS Não VM:	Drenagem torácica? Não Bicarbonato? Não Volume EV? Não Sedoanalgesia/BNM? Não Broncodilatador? Não Vasopressor? Não Tratar ICC? Não COT Ø: n°8.0
ALARMES->VENTILAÇÃO MECÂNICA(VM):	Pfinsp.máx: 35 Pfinsp.mín: 4 VolCor(ml/Kg)máx: 8 VolCor(ml/Kg)mín: 4 VolMin(L.min)máx: 10 VolMin(L.min)mín: 2 ETCO2mín: 10
FRmáx: 30 FRmín: 4	<-HEMODINÂMICA:SpO2mín: 90 FCmáx: 100 FCmín: 60 PAMmáx: 110 PAMmín: 65 ...OPÇÕES: Som? Não Curva CV, PxV ou FxV? não Tempo Gráfico: 10seg

Fonte: Autor.

### 5.1.8 Botões de Ajuda e Referências para consulta

Os botões para as exigências para uso correto e de ajuda (Figura 24) auxiliam o usuário a utilizar o simulador, e interagir com a simulação nos formulários das

condições gerais, parâmetros de ventilação, alarmes/opções e condutas não VM. Não existe ajuda em tempo real para tomar decisões. Foi disponibilizado cinco arquivos públicos, em formato em pdf que serão abertos em outra janela, para consulta de insuficiência respiratória, diretrizes de ventilação mecânica, interação cardiopulmonar, transporte de oxigênio e dióxido de carbono e ventilação mecânica na Covid-19 (Figura 24)<sup>43, 9, 44, 45, 46</sup>.

Figura 24 - Botões de Ajuda e Referências para consulta antes e depois das alterações sugeridas por especialistas.

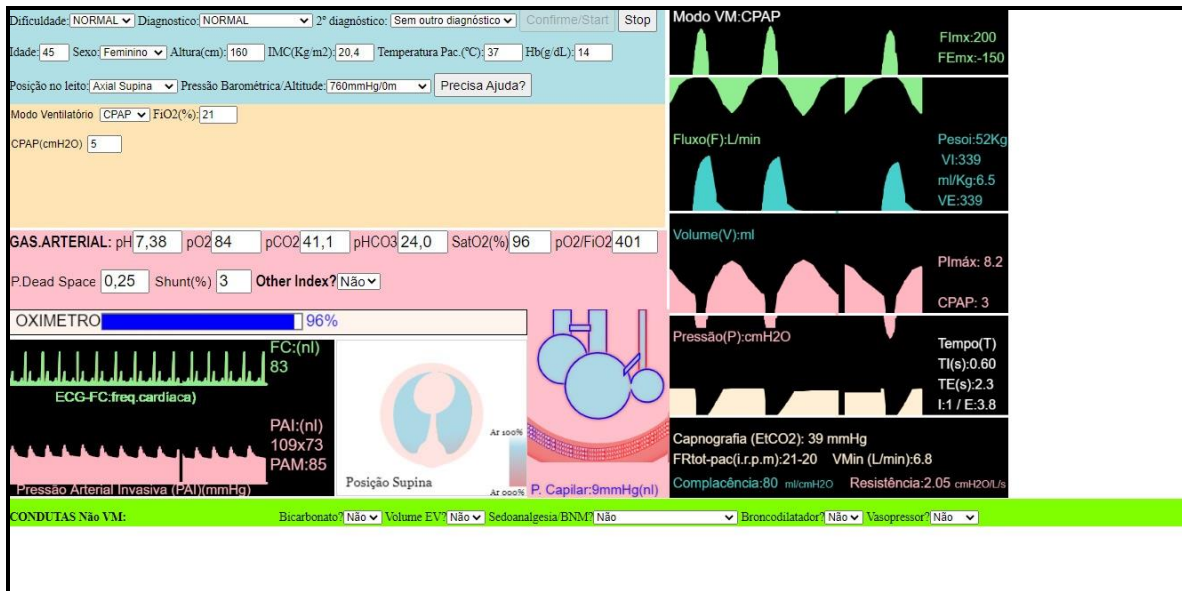
Botões Versão Inicial	Botões Versão Final
Simulador: exigências	Simulador: exigências
Ajuda: Condições Gerais	Ajuda: Condições Gerais
Ajuda: Par.Ventilação	Ajuda: Par.Ventilação
Ajuda: Gasometria e Índices	Ajuda: Gasometria e Índices
Ajuda: Gráficos e Animações	Ajuda: Gráficos e Animações
Ajuda: Alarmes e Opções	Ajuda: Condutas Não VM
Ajuda: Condutas Não VM	Ajuda: Alarmes e Opções
Diretrizes de VM 2013.pdf	Ins. Respiratória.pdf
Interação Cardiopulmonar.pdf	Diretrizes de VM 2013.pdf
Transporte de O2 e CO2.pdf	Interação Cardiopulmonar.pdf
	Transporte de O2 e CO2.pdf
	VM COVID-19 AMIB.pdf

Fonte: Autor.

### 5.1.9 Visão Geral do Simulador

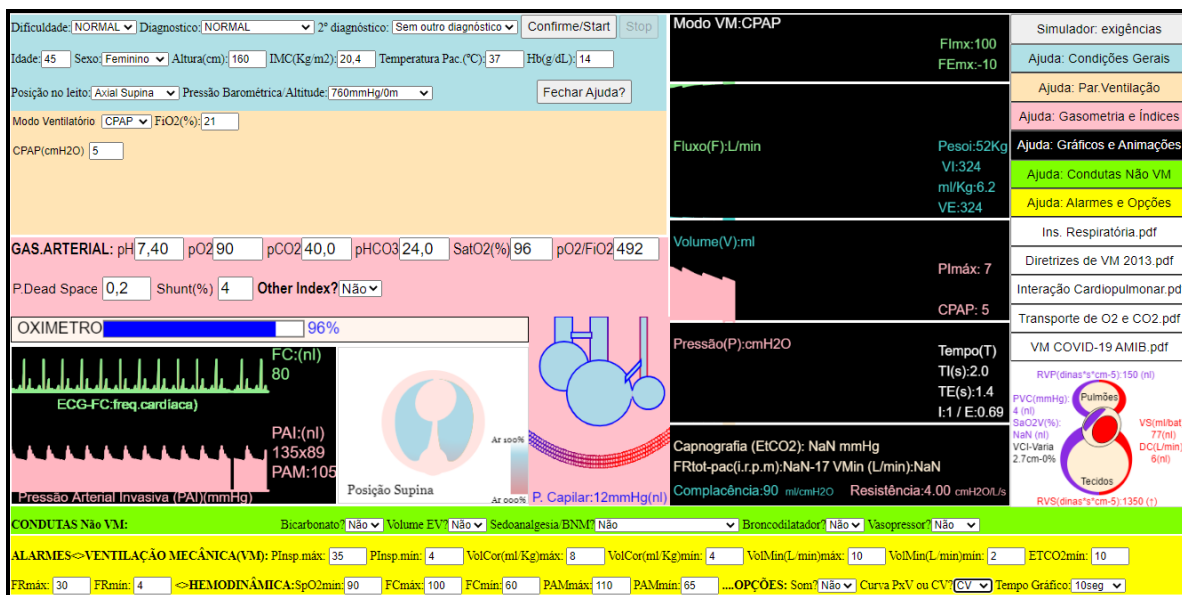
A aparência final inicial do simulador foi modificada para diminuir a poluição visual, após clicar no botão do navegador atualizar não é mais visualizado: os botões de ajuda, botões de referências, alarmes e opções, e a animação CV, PxV ou FxV (Figura 25). Para visualizar todos os itens ocultos é necessário clicar no botão “Precisa Ajuda?” e nas opções a possibilidade de ativar a visualização da animação CV (Figura 26) ou PxV (Figura 27).

Figura 25 - Visão geral de opção do simulador sem exposição de: ajudas, referências, alarmes, opções, animação CV, Curva PxV ou FV.



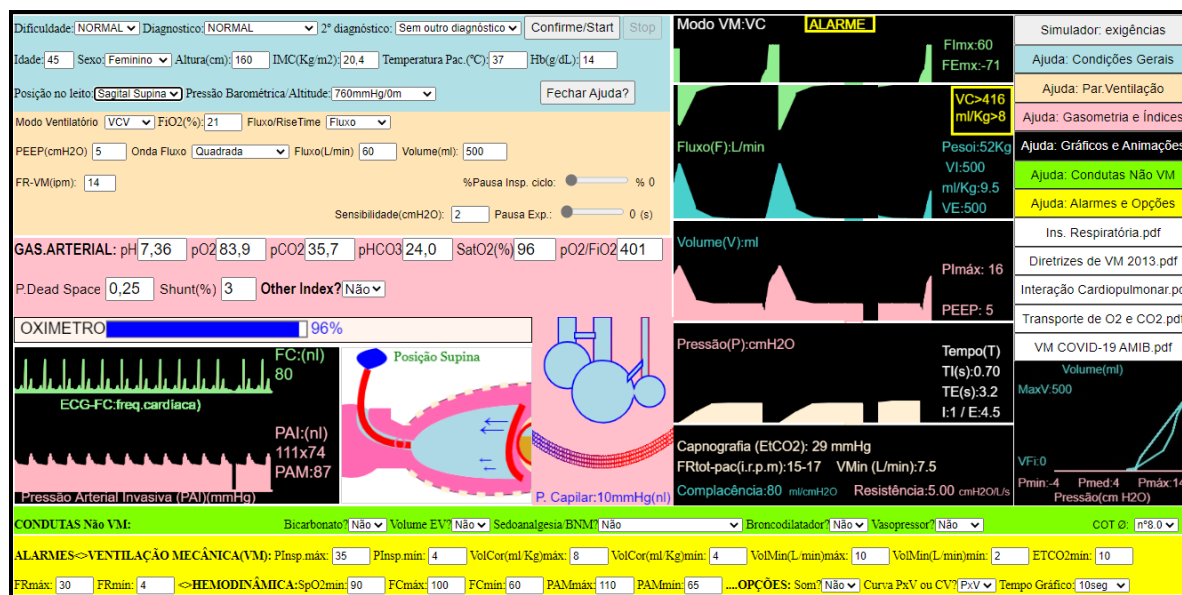
Fonte: Autor.

Figura 26 - Visão geral do simulador com animação do tórax em plano axial, ajudas, referências, alarmes, opções e animação CV, aguardando início da simulação.



Fonte: Autor.

Figura 27 - Visão geral do simulador com animação tórax em plano sagital, ajudas, referências, alarmes, opções e animação Curva PxV.



Fonte: Autor.

## 5.2 Avaliação do *Software* por engenheiro de *software*

Após convite e aceitação do TCLE pelo Engenheiro de *Software*, Kleber Rodrigo de Carvalho, o simulador computacional foi submetido a avaliação, levando em consideração o objetivo do *software* e o usuário<sup>28,29</sup>. Foi concluído que o *software* está apto para proposta de ensino desde que siga as necessidades mínimas para processamento dos dados, em navegador Chrome, por sua compatibilidade com Windows, Linus e Mac OS, a não observância desta exigência poderia causar falhas. Não foi projetado para comunicação com outros *softwares* (ANEXO B).

## 5.3 Resultado da Avaliação do *Software* por especialistas

Foram convidados nove especialistas, no período de março a abril de 2021, e obtivemos retorno de sete especialistas (quatro fisioterapeutas e três médicos intensivistas, seis deles professores) concordaram com o TCLE, testaram o simulador e opinaram sobre o conteúdo sobre a qualidade do *software* segundo escala de Likert, e os aspectos positivos e negativos do *software* utilizado, assim como fizeram

comentários, críticas e sugestões que julgaram importante. Não foi imposta restrição ou sugestão de avaliação, permitindo aos avaliadores que pudessem testar quantas vezes quisessem as mais variadas combinações de simulação no *software*. O preenchimento da avaliação foi precedido pela assinatura do TCLE (APÊNDICE A).

### 5.3.1 Escala de Likert na opinião dos especialistas sobre o *software*.

Na Tabela 1 os sete especialistas opinaram sobre as asserções mínimas relevantes sobre o *software*, sendo orientados a responder todas as asserções. Na avaliação do conteúdo por especialistas, a média dos pontos de Likert (L) e o índice de concordância (Co) das asserções positivas foi de L = 4,45 e Co = 90,4%, enquanto para as asserções negativas foi de L = 4,22 e Co = 77,1%. Seis das doze asserções positivas tiveram Co = 100% e apenas duas das cinco asserções negativas tiveram Co = 100%. A assertiva positiva “estimula o raciocínio” obteve o maior índice de concordância com valores de L = 5,00 e Co = 100%. No agrupamento das asserções para as dimensões avaliadas, o valor de L e Co foram : eficiência no ensino (L = 4,45 e Co = 88,5%), disponibilidade do *software* (L = 4,57 e Co = 92,8%), qualidade do *software* (L = 3,89 e Co = 71,4%) e importância na formação (L = 4,51 e Co = 91,4%). O valor mais baixo de concordância na dimensão sobre a qualidade do *software*, foi devido a duas assertivas que estavam na zona de alerta: a negativa “excesso de conteúdo” (L = 3,14 e Co = 28,6%) e a positiva “fácil utilização” (L = 3,43 e Co = 71,4%). Sem as assertivas na zona de alerta, o resultado para todas as outras foi de L  $\geq$  4,00 e Co  $\geq$  71,4%. As assertivas decisivas para disponibilidade: L = 4,29 e Co = 85,7% para “disponível para aluno *online*”, L = 4,856 e Co = 100% para “disponível para aluno *extraclasse*”. A escolha da opção “indiferente” (neutra) foi menor ou igual 14,3% para 14 assertivas, mas foi de 28,6% para: “excesso de conteúdo”, “objetivos da Reforma Curricular” e “*software* acrescenta pouco”. O índice de validade de conteúdo (IVC) foi igual a 0,86.

Tabela 1 - Opinião de especialistas em relação as questões sobre o *software* segundo a Escala de Likert. Em negrito o número total de especialistas e a opção escolhida

	<b>DP</b>	<b>D</b>	<b>I</b>	<b>C</b>	<b>CP</b>
1. O conteúdo com o <i>software</i> pode ajudar o aluno a entender o uso racional de ventilação mecânica.			1	2	4
2. O <i>software</i> deve estar à disposição dos alunos, para a utilização extraclasse.				1	6
3. A quantidade do conteúdo abordado é excessiva. <sup>an</sup>	2		2	3	
4. Os conteúdos abordados no <i>software</i> não são relevantes à formação do profissional da saúde. <sup>an</sup>	5	1	1		
5. A melhor maneira de colocar o <i>software</i> à disposição do aluno por acesso <i>online</i> .		1		2	4
6. O <i>software</i> é de fácil utilização.		2		5	
7. Esta metodologia de ensino permite interação entre várias disciplinas ou áreas.				3	4
8. Esta metodologia não integra teoria e prática. <sup>an</sup>	5	2			
9. A metodologia pode contribuir para despertar o interesse para o aprendizado.				3	4
10. Deve ser produzido material semelhante adaptado para outras áreas ou disciplinas.			1	1	5
11. O material como um todo é de boa qualidade.				4	3
12. É importante a iniciativa de avaliar uma metodologia de ensino.				1	6
13. A metodologia de ensino estimula o raciocínio.					7
14. Esta metodologia de ensino não aproxima a área básica da área clínica. <sup>an</sup>	5	2			
15. Esta metodologia está de acordo com os objetivos da Reforma Curricular.			2	3	2
16. O <i>software</i> acrescenta pouco àquilo já visto em sala de aula. <sup>an</sup>	2	3	2		
17. A metodologia torna um assunto complexo como a Ventilação Mecânica mais interessante.			1	2	4

Fonte: Autor.

**CP:** Concordo Plenamente, **C:** Concordo, **I:** Indiferente, **D:** Discordo, **DP:** Discordo Plenamente.  
an: Assertiva Negativa.

O escore de pontos na escala de Likert atribuídos foi:

- a) Para asserções positivas: CP=5, C=4, I=3, D=2 e DP=1
- b) Para asserções negativas: CP=1, C=2, I=3, D=4 e DP=5

### 5.3.2 Pontos positivos, negativos, comentários, críticas e sugestões

Abaixo são citadas as considerações dos especialistas para:

- a) Pontos positivos:

“Maior interação do aluno com a VM;”

“Mais uma ferramenta de ensino;”

“Possibilidade de treinar a teoria;”

“Hemodinâmica e sua interação com a VM;”

“As imagens valem muito;”

“O *software* traz informações importantes, super relevantes à necessidade clínica;”

“As patologias escolhidas são de ótima escolha, comumente encontradas no âmbito hospitalar;”

“Achei sensacional a opção da hemodinâmica juntamente com a ventilação, ilustra muito a interação coração/pulmão;”

“Os botões de ajuda ao lado facilitam muito o manejo;”

“Os arquivos relacionados as ventilação e correlação coração pulmão bem indicados para retirada das dúvidas pontuais;”

“Alia conteúdo teórico disponível para consulta, desenvolve o raciocínio lógico do uso da Ventilação Mecânica em várias situações clínicas que vivenciamos na prática médica em Unidades de Terapia Intensiva e explicita os caminhos para a adaptação dos ajustes ventilatórios que permitam melhor efetividade e menor interferência da Ventilação Mecânica frente às essas situações clínicas vividas.”

“Possibilita aplicação prática.”

“Trata-se de um *software* de fácil utilização, que realmente integra várias áreas do estudo da ventilação mecânica, facilitando em muito o conhecimento de uma área tão pouco conhecida mesmo pelos médicos que atuam em terapia intensiva. A associação

de medidas ventilatórias e hemodinâmicas, torna esse *software* um instrumento altamente eficaz no desenvolvimento de habilidades para o trato de pacientes críticos.”

“Interessante a interação colocada sobre efeitos da VM na hemodinâmica e gasométricos.”

“O *software* engloba vários aspectos importantes para o aprendizado da ventilação mecânica.”

b) Pontos negativos:

“Senti que havia '*delay*' em alguns momentos;”

“Talvez parâmetros com TGI possam ser retirados;”

“Oferecer maior fonte de informações (referências);”

“Interface ligeiramente confusa ao usuário pouco habituado.”

“Existe um pouco de poluição visual na tela, porém devido aos parâmetros se torna um pouco difícil organizar;”

“As ilustrações que estão no meio do simulador, talvez ficassem mais bem posicionadas se estivessem na lateral e não no meio;”

“não consegui ajustar o alarme de apneia em PSV;”

“Botões de confirmação em cada item, como parâmetros, gasometria, hemodinâmica facilitaria o manejo;”

“Algumas variáveis são fixas e não controladas (volume IV, drogas vasoativas, bicarbonato de sódio etc.), assim como o Pneumotórax (poderia haver uma sinalização de que determinada regulação de modo ou parâmetros ventilatórios estaria colocando o "paciente" em risco do desenvolvimento de Pneumotórax, o que então ocorreria efetivamente caso o operador não corrigisse o problema detectado, por exemplo).”

“Depende da formação teórica anterior do aluno.”

“Na verdade, não é um aspecto negativo, mas pelo próprio fato de ter vários parâmetros juntos a serem avaliados, requer um manual de manuseio do *software* com linguagem explicativa simples e um descritivo de que é cada um dos parâmetros a serem manuseados.”

“Alguns dados são conflitantes, exemplo: PaO<sub>2</sub> elevadas e baixa relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>.”

“O *software* está com muitas informações na tela principal, um tanto poluído, acredito que isso prejudica a didática.

Seria melhor colocar informações em telas diferentes.

Os gráficos de pressão, volume e fluxo deveriam estar em uma posição mais centralizada para melhor visualização, isso facilitaria o aprendizado.”

c) Comentários, críticas e sugestões:

“Talvez abrir janelas mais individualizadas para cada tipo de ventilação.”

“Há conceitos mais recentes da vm que poderiam ser inseridos na plataforma (*stress index*, p-sili, *hacor index*, ...)”

“Gostei da interação com a hemodinâmica do paciente.”

“Talvez melhorar a interface (deixar mais amigável).”

“Servidor meio lento...vários '*delays*' principalmente nas curvas de monitorização (testei em duas máquinas potentes).”

“Oferecer 'testes' ao usuário para medir sua habilidade.”

“Gostaria de saber o porquê de PCV e BIPAP”

“Pensou na possibilidade de outras modalidades (APRV)”

“Talvez existir a opção de alterar a posição supina para prona e demonstrar toda alteração da ventilação pulmonar posterior que ocorre;”

“Opção para possível simulação de recrutamento/titulação da *peep*”

“Ótima utilização em aula e para estudo dos alunos, gostaria de poder utilizar com os meus!”

“Parabéns pela iniciativa e pelo trabalho desenvolvido, que com certeza será de grande valia para o desenvolvimento, formação e para a transmissão de conhecimento deste tema aos profissionais da área Médica e da Saúde como um todo, que têm deficiências no ensino desta área da Medicina até hoje.”

“Depende da formação teórica anterior do aluno.”

“Considero esse *software* excelente, completo, com grande capacidade de cumprir seu papel no ensino de um assunto tão complexo como a ventilação mecânica. Como descrevi acima, a associação de parâmetros respiratórios e hemodinâmicos como foi

adaptada neste *software* foi brilhante."

"Acredito que ajustes nas repercussões hemodinâmicas vinculadas a VM, como hipotensão por redução da pré-carga devam ser percebidas mais rápidas pelo *software*."

"Achei o *software* um pouco lento."

### 5.3.3 Avaliação qualitativa para os pontos positivos, negativos e sugestões (nº de avaliadores):

- Pontos positivos (nº): Ferramenta boa para testar teoria e/ou prática (7) e animações interessantes para interação cardiopulmonar (5) e ajuda (1).
- Pontos negativos (nº): *Delays* nas curvas (2), visual confuso, muito poluído (4), erros de cálculos: paO<sub>2</sub> (1) e ajuda mais detalhada para condutas não VM ou parâmetros de ventilação (4).
- Sugestões (nº): Incluir mais referências (1), fazer testes básicos com conceitos e parâmetros novos (1), adicionar modo APRV (1) e parâmetro para identificar a hipovolemia (1).

## 5.4 Ajustes no *software* simulador após opinião dos especialistas

Após os devidos esclarecimentos sobre a interpretação dos colegas especialistas e a forma de apresentação, opções viáveis e objetivos do *software*, os seguintes ajustes foram efetuados:

- a) Acerto sobre atrasos (*delays*) na execução das curvas de monitorização.
- b) Adição de mais duas referências para consulta em arquivo PDF.
- c) Adição do parâmetro visual da PTP quando a pausa inspiratória for maior que zero.
- d) Elaborado um manual, em arquivo PDF, acessível no botão "Ajuda:Par. Ventilação" e mais informações no texto acessado no botão "Condutas Não VM". Dois níveis de dificuldade: "NORMAL" e "HARD" , mas com a interação entre a interação cardiopulmonar inalterada.

- e) Correção de cálculo da  $paO_2$ .
- f) Adição do diâmetro da VCI e sua variação (VCI-varia) na animação CV, com a intenção de alertar sobre a volemia.
- g) Para diminuir a poluição visual foi adicionado dois botões no formulário “condições gerais”. O primeiro é “Precisa ajuda” para visualizar os botões de ajuda, alarmes/opções, referências, animações “CV”, curvas “PxV” ou “FxV”. O segundo “Fechar ajuda” oculta os botões de ajuda, alarmes/opções e referências, mas não fecha as animações ou curvas caso tenham sido ativadas. Foi ocultado alguns índices no formulário de gasometria, que podem ser visualizados se utilizar opção “Other index?”.

## 5.5 Avaliação em alunos

O quinto ano do 5º ano do curso de medicina da PUC-SP tem cerca de 100 alunos, a amostra significativa seria de 91 para margem de erro de 4% e  $p$  de 0,01. Em abril, como 15 alunos já haviam passado no estágio de pneumologia, partimos de uma margem de erro de 5% uma vez que só poderíamos convidar 85. De um total de 35 alunos convidados, no período de abril a julho de 2021, somente 26 concordaram em participar da pesquisa.

### 5.5.1 Pré-teste e pós-teste após uso do simulador

Os alunos foram submetidos, após convite prévio a atividade, a um pré-teste (APÊNDICE C) sobre os assuntos principais após a aula teórica de insuficiência respiratória e ventilação mecânica. Após pré-teste, os alunos voluntários puderam manusear todos os parâmetros, ver as animações, alterações consequenciais e resolução dos cenários clínicos apresentados. Após a simulação foram submetidos a um pós-teste para avaliação do ganho cognitivo (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantidade de acertos dos 26 alunos nas dez questões (Q)

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Média $\pm \sigma$
Pré-Teste	3	15	9	13	16	20	8	12	14	14	12,4 $\pm$ 4,74
Pós-Teste	24	18	19	25	25	22	19	19	12	19	20,2 $\pm$ 3,97

Fonte: Autor.

Média: A média dos acertos;  $\sigma$ : Desvio padrão de acertos.

O rendimento nas questões de número 1, 2, 3, 4 e 6 (ligadas a conceitos sobre insuficiência respiratória), a porcentagem de acertos nestas questões foi de 46,2% no pré-teste e 83,1% no pós-teste. O rendimento nas questões de número 5, 7, 8, 9 e 10 (ligadas ao manejo da ventilação mecânica), a porcentagem de acertos nestas questões foi de 49,2% no pré-teste e 72,3% no pós-teste.

A opção de escolha do desempenho nas questões de todos os alunos foi pelo motivo de não expor notas individuais. A média e desvio padrão de acertos nas questões no pré-teste foi de 12,4 $\pm$ 4,74 e o pós-teste de 20,2 $\pm$ 3,97 (máx. = 26). Não foi observado melhora do rendimento na questão nove. Considerando  $H_0$  como as médias são equivalentes e  $H_1$  como as médias são diferentes. O teste "t" de *Student* obteve resultado de  $t = 3,98$  e o valor de  $p < 0,001$ . Como 3,98 é maior que 2,87 (valor obtido na tabela t student) podemos aceitar  $H_1$ , ou seja, a média pós-teste foi maior que a pré-teste.

Ao final do pós-teste, as dúvidas dos alunos foram esclarecidas questão a questão, pois objetivo não era somente estatístico, mas de ensino sobre o tema mesmo que a simulação não alcançasse este objetivo.

### 5.5.2 Escala de Likert na opinião dos alunos sobre o *software*

A avaliação do *software* pelos alunos foi por feita por convite, opinaram sobre as asserções mínimas relevantes sobre o *software*. Sendo orientados a responder todas as asserções (Tabela 3), bem como foi disponibilizado campos para que pudessem expressar seus pontos positivos, negativos, comentários, sugestões e críticas.

Tabela 3 - Opinião dos alunos em relação as questões sobre o *software* segundo a Escala de Likert. Em negrito o número total de alunos e a opção escolhida

	<b>DP</b>	<b>D</b>	<b>I</b>	<b>C</b>	<b>CP</b>
1. O conteúdo com o <i>software</i> pode ajudar o aluno a entender o uso racional de ventilação mecânica.		<b>3</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>8</b>
2. O <i>software</i> deve estar à disposição dos alunos, para a utilização extraclasse.				<b>6</b>	<b>20</b>
3. A quantidade do conteúdo abordado é excessiva. <sup>an</sup>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
4. Os conteúdos abordados no <i>software</i> não são relevantes à formação do profissional da saúde. <sup>an</sup>	<b>25</b>	<b>1</b>			
5. A melhor maneira de colocar o <i>software</i> à disposição do aluno por acesso <i>online</i> .			<b>3</b>	<b>6</b>	<b>17</b>
6. O <i>software</i> é de fácil utilização.		<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
7. Esta metodologia de ensino permite interação entre várias disciplinas ou áreas.		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
8. Esta metodologia não integra teoria e prática. <sup>an</sup>	<b>18</b>	<b>6</b>		<b>2</b>	
9. A metodologia pode contribuir para despertar o interesse para o aprendizado.		<b>1</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>10</b>
10. Deve ser produzido material semelhante adaptado para outras áreas ou disciplinas.		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>18</b>
11. O material como um todo é de boa qualidade.			<b>3</b>	<b>5</b>	<b>18</b>
12. É importante a iniciativa de avaliar uma metodologia de ensino.				<b>6</b>	<b>20</b>
13. A metodologia de ensino estimula o raciocínio.			<b>2</b>	<b>6</b>	<b>18</b>
14. Esta metodologia de ensino não aproxima a área básica da área clínica. <sup>an</sup>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
15. Esta metodologia está de acordo com os objetivos da Reforma Curricular.			<b>5</b>	<b>7</b>	<b>14</b>
16. O <i>software</i> acrescenta pouco àquilo já visto em sala de aula. <sup>an</sup>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
17. A metodologia torna um assunto complexo como a Ventilação Mecânica mais interessante.		<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>13</b>

**Fonte: Autor.**

**CP:** Concordo Plenamente, **C:** Concordo, **I:** Indiferente, **D:** Discordo, **DP:** Discordo Plenamente  
an: Assertiva Negativa.

O escore de pontos na escala de Likert atribuídos foi:

- a) Para asserções positivas: CP=5, C=4, I=3, D=2 e DP=1
- b) Para asserções negativas: CP=1, C=2, I=3, D=4 e DP=5

A percepção dos alunos foi de concordância (Co) e média de pontos de Likert (L) para as na assertivas: Co = 46,2% e L = 3,35 para “excesso de conteúdo”, Co = 50% e L = 3,58 para “Fácil de usar”, Co >= 73,1% e L >= 3,92 para todas as outras. Uma Co = 83,6% e L = 4,35 para as 12 assertivas positivas, e Co = 83,1% e L = 4,36 para as cinco assertivas negativas. Sobre as assertivas decisivas para disponibilidade do simulador: L = 4,54 e Co = 88,5% para “disponível para aluno *online*”, L = 4,77 e Co = 100% para “disponível para aluno extraclasse”. A média geral para todas assertivas foi de Co = 83,5% e L = 4,36, a média para as assertivas das dimensões avaliadas foi L >= 4,00 (zona de conforto), mas a qualidade do *software* foi a única com duas assertivas (“excesso de conteúdo” e “fácil de usar”) na zona de alerta.

### 5.5.3 Pontos positivos, negativos, comentários, críticas e sugestões.

Na percepção dos alunos em campos abertos, 19 dos 26 alunos expressaram sua opinião em 39 comentários.

- a) Pontos positivos:

“Facilita o manuseio, de forma muito realista, sem o risco de mexer com um paciente”.

“*Software* de fácil utilização, muito interessante e verossimilhante, além de completo e didático.”

“Treinar sem a chance de prejudicar um paciente.”

“Aproxima a teoria da prática, tornando o aprendizado mais palpável.”

“Traz a realidade do dia a dia, com diversos aspectos a serem abordados.”

“Prático e educativo.”

“Muito bom conseguir ver ‘na prática’ esse assunto que é tão complexo”

“Permite colocar em prática uma matéria teórica de difícil compreensão.”

“Autonomia de decisões”

“Acredito que podemos colocar em prática aquilo já visto em teoria anteriormente, é possível errar e ver o que está fazendo de correto a fim de melhorar a situação do paciente, além de observar em tempo real os resultados de suas ações, algo que não é possível na vida real.”

“Interessante e prende a atenção.”

“Possibilidade de alterar variáveis do paciente possibilitando conhecer vários cenários diferentes, observação instantânea das decisões tomadas, design intuitivo e de fácil manuseio.”

“Auxilia a entender na prática a teoria.”

“A ideia e criação de um *software* sobre o tema é incrível!”

“É o mais próximo que temos da prática, então é uma estratégia super válida, uma vez que a prática ajuda a entender a matéria.”

“Achei interessante o aspecto dinâmico e prático da atividade.”

“Facilidade no manuseio e torna o assunto mais palpável.”

“Espaço adequado para treinar a ventilação mecânica, um assunto tão difícil e tão necessário à prática clínica.”

b) Pontos negativos:

“Não há.”

“O bom funcionamento depende da conexão do aluno que está utilizando.”

“É um assunto complexo que exigem aulas prévias e um tempo de aula com o *software* extenso.”

“Um pouco complexo.”

“Acho que por cada aluno abrir um paciente diferente com parâmetros diferentes ficou um pouco confuso.”

“Alta complexidade.”

“No início um pouco confuso, mas depois que aprende e pega o jeito fica mais fácil.”

“Não tão fácil de usar.”

“Não achei problemas no uso do *software* em si.”

“O conteúdo teórico estava defasado pra conseguir utilizá-lo de maneira mais proveitosa.”

“A matéria de Ventilação Mecânica, em si, é muito difícil. O *software* poderia ser o mais "simples" possível para facilitar essa aprendizagem, ou seja, mais didático, com gráficos mais visuais.”

“ É muito pouco tempo para uma matéria tão complicada. seriam necessárias mais aulas para entendermos melhor a teoria e aplicá-la melhor na prática.”

“Talvez uma simulação feita pelo professor explicando os parâmetros, mostrando como esses se relacionam, antes dos alunos fazerem a simulação, poderia ser interessante.”

c) Comentários, críticas e sugestões:

“Sem sugestões.”

“Talvez cada aluno pudesse compartilhar sua tela e os outros poderiam dar suas opiniões sobre o que fazer.”

“Gostei do simulador, acho importante mantê-lo.”

“Infelizmente é pouco tempo de teoria e de prática para algo tão complexo. Mas o simulador ajuda bastante a ter pelo menos uma ideia inicial de como atuar na ventilação mecânica.

Com o professor observando fica mais fácil, pois ele explica no momento o que fazer. Mas é possível utilizar o simulador até mesmo sozinho, tentando corrigir os erros que vão ocorrendo ao longo da simulação.”

“A aula ministrada antes pelo professor Moyses e o material teórico disponibilizado com antecedência ajudaram a ter noções básicas sobre ventilação e IRpA, mas ainda assim foram bastante complexos, tornando difícil a compreensão do ajuste dos parâmetros durante alguns momentos da simulação. Acredito que faltam para os alunos conceitos ainda mais básicos sobre ventilação mecânica para se pode absorver melhor a discussão na simulação.”

“Sobre o *software* não há críticas, mas sobre as aulas prévia para uso desse, seria interessante conteúdo de leitura antes das aulas teóricas com teor enxuto (a apostila de ventilação mecânica compartilhada é impossível de ser lida por inteiro!) e que o

professor explicasse mais devagar. É muita informação passada muito rapidamente, não sinto que consegui usufruir do *software*, que está perfeito, da maneira que gostaria por déficit no conteúdo teórico. Nem que houvesse orientação pré aula de leitura dos próprios slides de aula, já seria mais proveitoso... É um conteúdo muito diferente do que costumamos ver, além de complexo. Ter um contato antes da aula para termos uma noção básica seria muito melhor para não ficarmos "boiando" na explicação..."

"O *software* em si é de boa qualidade, entretanto acredito que antes do uso poderia haver um pequeno tutorial de como mexer nas opções e também um material teórico menos específico ensinando sobre o tema para alunos totalmente leigos, uma vez que é a primeira vez que esse assunto é introduzido. Não sabemos muitas coisas básicas sobre o assunto o que dificulta muito o uso do *software* e a simulação."

"Demorei um pouco para entender onde se localizava os parâmetros e onde poderia alterá-los, mas depois dessa etapa, a utilização ficou facilitada.

Podia ter uma sequência de situações sugeridas, de parâmetros para colocarmos no simulador, seja buscando estabilidade ou instabilidade do paciente, para visualizarmos como certas alterações têm diferentes repercussões nos parâmetros clínicos."

#### 5.5.4 Avaliação qualitativa para os comentários (nº de alunos):

- Comentários positivos (nº): ferramenta boa para testar teoria e/ou prática (9), treinamento sem riscos (4), simulação realística (3), ferramenta surpreendente (2), não há pontos negativos (2).
  - Comentários negativos (nº): orientação preparatória (5), dificuldades na simulação (5), três para o tempo de atividade de simulação (3), forma de execução da simulação (3) e velocidade de conexão (1).
  - Comentários neutros (nº): sem sugestões ou inconclusivo (2).
- O tema foi considerado complexo ou difícil por 14 alunos.

## 5.6 Ajustes na didática para simulação após opinião dos alunos

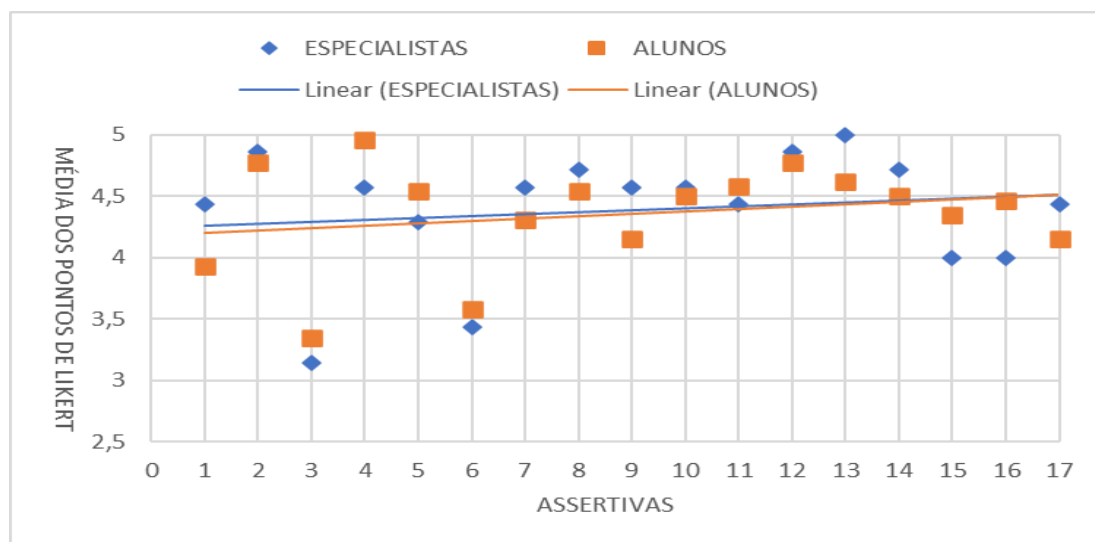
Após a leitura das percepções dos alunos, além dos ajustes no *software*, verificando as opções viáveis e objetivos do plano de ensino, as seguintes modificações foram efetuadas, logo após serem detectadas:

- na aula expositiva e estudo mais objetivo dos arquivos disponibilizados.
- na determinação do máximo de três simulações.
- na forma de participação dos alunos na simulação como ativa.
- tentado diminuir o tempo de simulação, mas a participação dos alunos nos últimos dois grupos acabou exigindo mais tempo.

## 5.7 Correlação linear (r) entre a opinião dos especialistas e dos alunos

Para correlacionar a opinião dos especialistas e dos alunos foi utilizado a média dos pontos de Likert para cada assertiva (Gráfico 1 e Tabela 4), pois os pontos de Likert permitem aferir com mais precisão as cinco opções na escala atitudinal de concordância do instrumento de percepção.

Gráfico 1 - Dispersão e linha de tendência da média dos pontos de Likert obtidos dos especialistas e dos alunos após o uso do *software* para cada assertiva.



Fonte: Autor.

Tabela 4 - Média dos pontos de Likert para cada assertiva na opinião dos especialistas e alunos

<b>ASSERTIVAS</b>	<b>ESPECIALISTAS</b>	<b>ALUNOS</b>
1	4,43	3,92
2	4,86	4,77
3	3,14	3,35
4	4,57	4,96
5	4,29	4,54
6	3,43	3,58
7	4,57	4,31
8	4,71	4,54
9	4,57	4,15
10	4,57	4,50
11	4,43	4,58
12	4,86	4,77
13	5,00	4,62
14	4,71	4,50
15	4,00	4,35
16	4,00	4,46
17	4,43	4,15

Fonte: Autor.

O resultado do coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) foi de 0,799, demonstrando uma associação forte e positiva entre a opiniões dos alunos e dos especialistas sobre o uso do *software*

## 6 DISCUSSÃO

A versão final do simulador com acesso irrestrito, animações adicionadas, maior número de variáveis, ocorrências e opções vem contribuir para o ensino. O desenvolvimento deste simulador necessitou a implementação de uma autonomia de decisão do *software*, definida por uma linha de código, após fundamentação na fisiologia e referências de mecânica ventilatória e hemodinâmica.

Uma simulação deve se aproximar da realidade, logo não foi permitido edição direta da resistência de vias aéreas e/ou da complacência estática. No simulador a alteração destes parâmetros só poderia ser consequência da condição clínica simulada, fatores complicadores (nível "HARD"), mudança nos parâmetros de ventilação ou de condutas. A resistência, complacência mudam de forma dinâmica dependendo das condições, como no exemplo da obesidade com IMC  $\geq 30$ , consenso da Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB) 2013<sup>9</sup>.

No caso de ciclos assistidos pode ocorrer assincronias paciente-ventilador sem ter sido determinado as características da respiração espontânea, porque no simulador existe um processamento de dados que interpreta as necessidades (centro respiratório) ajustando a frequência respiratória espontânea para a condição atual. A assincronia pode ocorrer se a oferta do ventilador for diferente da necessidade da necessidade calculada pelo centro respiratório como descrita no consenso AMIB 2013 e por Subirà<sup>9,20</sup>.

No caso de evitar ou reduzir o barotrauma na ventilação mecânica deve-se manter pressão inspiratória máxima (P<sub>I</sub>max) menor que 40 cm de H<sub>2</sub>O conforme AMIB (2013), pressão de platô (PP) menor que 30 cm de H<sub>2</sub>O e a pressão de distensão alveolar menor que 15 cmH<sub>2</sub>O, que pode ser obtida pela PP subtraindo valor da PEEP, conforme AMIB 2013 e AMIB 2020<sup>9,46</sup>.

Na instabilidade hemodinâmica e tendo como base na interação cardiopulmonar, o consenso AMIB 2013 orienta<sup>9</sup>:

- a) Evitar ou tentar reduzir a AUTOPEEP e titular o valor da PEEP com menor efeito da hemodinâmica.
- b) Na presença de hipercapnia grave pode ser necessário suplementação de bicarbonato, pois no aumento ou diminuição da ventilação alveolar, deve-se

manter um cuidado especial para evitar o valor do pH sanguíneo menor que 7,2 ou alcalose.

- c) Avaliar a reposição de volume, se PEEP abaixo de 10 cmH<sub>2</sub>O e VC 8-10 ml/Kg de peso, observando a distensibilidade diâmetro da veia cava inferior maior que 18% e colapsabilidade da veia cava superior maior que 36% em ventilação mecânica, o valor da PVC e/ou PCP. No caso de PEEP  $\geq$  10 cmH<sub>2</sub>O e/ou VC  $<$  8ml/Kg tentar prova de volume.
- d) As simulações, com segundo diagnóstico com infecção grave, podem ter RVS baixa e, portanto, ser necessário uso de droga vasopressora monitorando a perfusão tecidual.
- e) Simulações com edema pulmonar cardiogênico, além do suporte ventilatório mecânico, precisam de tratamento adequado para insuficiência cardíaca.

A participação de médicos e fisioterapeutas com trabalho multiprofissional, idealmente interprofissional, contribuiu para maior êxito na condução direta da ventilação mecânica como descrito no consenso AMIB 2013<sup>9,47</sup>. Não foi objeto desta dissertação minorar a importância de outros profissionais na condução deste procedimento, mas sim de validar o conteúdo do simulador.

O *software* educacional de VM com interação cardiovascular inicialmente foi projetado para atividade presencial com o docente e em laboratório de informática, mas devido a pandemia Covid-19, foi modificada para o ensino remoto. A atividade *online* em tempo real, independente da ferramenta utilizada, gerou novos desafios para os docentes e discentes<sup>48</sup>.

No processo de escolha estatística para análise, deve-se levar em conta que o período da coleta das percepções dos especialistas foi exatamente no auge da pandemia, portanto todos estavam sobrecarregados. Não foi possível fazer um alinhamento na avaliação do nível de concordância entre os avaliadores sobre os aspectos abordados no instrumento de percepção. Como alternativa foi optado por uma validação de critério, comparando a média dos pontos de Likert obtido dos especialistas com os dos alunos<sup>33</sup>.

A opção neutra (“indiferente”) na escala de Likert de cinco pontos não foi considerada como concordante na pesquisa, pois entende-se que neutralidade não é

igual a concordância, as referências não utilizaram o seu valor para o cálculo da concordância ou do índice de validade de conteúdo<sup>32,33</sup>.

Na avaliação dos especialistas, a média geral de Likert das asserções positivas foi 4,46 e para as asserções negativas foi 4,2. A assertiva com maior índice de concordância (Co) e média de Likert (L) foi o uso do simulador “estimular o raciocínio” (Co = 100% e L = 5,00), e a pior foi para o “excesso de conteúdo” (Co = 28,6% L = 3,14). A percepção nas assertivas sobre “excesso de conteúdo” (L = 3,14), “fácil de usar” (L = 3,43) estão na zona de alerta (pontos de Likert de 2,64-3,66) e tem relação com a qualidade do conteúdo, o que pode ser atribuído à quantidade de informações necessárias para a exposição adequada do ensino da interação cardiopulmonar, mas como foi citado pelos especialistas a poluição visual e a apresentação de muitos dados confundiria o aluno<sup>24,48</sup>. Todas as outras asserções estão na zona de conforto, pois foi obtido a  $L > 3,66$ <sup>24</sup>. Outra consideração foi a opção pela disponibilidade *online* e/ou extraclasse para os alunos com a  $Co \geq 85,7\%$ . A média geral obtida de 0,86 para o índice de validação de conteúdo reforça que o simulador tem potencial na simulação do ensino do tema. As sugestões dos especialistas foram avaliadas, para verificação de sua viabilidade, pois o escopo do funcionamento do simulador poderia ser comprometido se algumas variáveis pudessem ser editadas diretamente. As medidas tomadas foram a redução da poluição visual, melhora da velocidade de execução das curvas, a correção erros, a introdução de dois níveis de dificuldade e a melhora da ajuda para interpretar ou manipular o *software*. As modificações no software foram pontos positivos na melhora da ferramenta para simulação, tornando-a mais efetiva no ensino sobre o tema de ventilação mecânica. A usabilidade, na análise de seis simuladores, foi: 93% para Xlung, 65% para Hamilton, 59% para Inter 5 Plus e Evita XL 53%, somente Xlung tinha validação de conteúdo<sup>1</sup>.

A frase “*Primum non nocere*” significa no nosso código de ética o princípio da não maleficência. A simulação testa os conhecimentos do usuário e dá recursos para que ele encontre a solução dos problemas. O insucesso pode acontecer quando o grau de dificuldade da simulação ultrapassa a habilidade do usuário sobre o tema de ventilação mecânica ou das alternativas de conduta para hemodinâmica. Não há espaço para tentativa e erro no tratamento de pacientes graves ou mesmo estáveis sob

ventilação mecânica, portanto a simulação de cenários clínicos é considerada uma ferramenta de aprendizagem relevante para a capacitação e aquisição de competências<sup>49</sup>.

A amostragem significativa dos 100 alunos do quinto ano (margem de erro de 4% e  $p$  igual a 0,01) seria igual a 91, como este valor era inviável, foi optado por uma amostra de conveniência que pudesse ser equivalente à de outros estudos<sup>1,52</sup>. O motivo desta decisão foi devido as condições desfavoráveis no período de pandemia: a maioria das atividades eram *online*, 15 alunos já haviam passado no estágio de pneumologia, o retorno dos alunos foi de 74% (26 de 35), o simulador já havia sido aprovado pelos especialistas, necessidade de intervenção no *software* após a análise dos especialistas e alunos. Assumimos a margem de erro de 22% para a amostra de conveniência de 26 alunos.

Nos 19 comentários dos alunos, 14 tiveram a percepção sobre o grau de dificuldade para ensino de ventilação mecânica como complexo ou difícil, e o estudo em 401 alunos de fisioterapia, 63% consideravam o tema difícil de aprender, 94% não tinham um plano terapêutico<sup>2</sup>. Um estudo de percepção incluindo 448 alunos do 6º ano de medicina, relataram que 77% nunca havia manipulado um ventilador artificial, 45% referiam a falta de profissionais para ensinar ventilação mecânica, e apenas 15% se sentiam seguros em seus conhecimentos sobre o tema<sup>50</sup>.

Na percepção dos alunos a média de Likert (L) para todas as assertivas foi maior que 4,36 e concordância (Co) de 83,5%. O resultado para a assertiva negativa “excesso de conteúdo” foi de Co = 46,2% com L = 3,35, e para positiva “Fácil de usar” foi de Co = 50% e com L = 3,58, que estão na zona de alerta (pontos de Likert de 2,64-3,66)<sup>24</sup>. Todas as outras assertivas tiveram valores de Co > 73,1% e Likert na zona de conforto<sup>24</sup>. O coeficiente Pearson de 0,79 comparando a opinião dos especialistas e dos alunos em relação a média dos pontos de Likert para cada questão, reforçou a opinião dos especialistas para a necessidade de melhorar a visualização do conteúdo e a linguagem mais simples para o entendimento dos alunos<sup>48</sup>. O estudo sobre simulador SEVEM, em 5 alunos, foi motivador 87%<sup>2</sup>. No estudo para o simulador Xlung em 23 alunos, a concordância foi de 78% para ajudar a ajustar o ventilador e de 75% apreendeu na simulação aspectos não compreendidos nas sessões de teoria ou

prática<sup>1</sup>. No estudo do simulador SDVM em 56 acadêmicos de fisioterapia: o minicurso e a simulação promoveram melhora do entendimento sobre ventilação mecânica, o simulador auxilia o aprendizado, o interesse e curiosidade sobre o tema<sup>51</sup>.

As considerações dos alunos nos pontos negativos e sugestões, mostraram fragilidades na comunicação e didática. A experiência no ensino presencial ou remoto nem sempre é perfeita, mesmo com aulas gravadas disponíveis para estudo, arquivos para leitura ou explicação detalhada durante a simulação<sup>48</sup>. A assimilação das críticas promoveu mudança no tempo da atividade (“tempo de aula com o *software* extenso”), na forma de participação dos alunos como ativa (“Talvez cada aluno pudesse compartilhar sua tela”), na disponibilidade de PDF para ajuda sobre os modos e opções com figuras explicativas do simulador (“acredito que antes do uso poderia haver um pequeno tutorial de como mexer nas opções”), estudo de solução para questionamentos mais difíceis (“conteúdo de leitura antes das aulas teóricas com teor enxuto” e “antes da aula para termos uma noção básica seria muito melhor para não ficarmos “boiando” na explicação...”). O resultado destas ações gerou mais participação e expectativas dos alunos. A pior crítica para uma atividade deve ser o silêncio, mas a percepção negativa dos alunos foi o motivo das adequações para melhor rendimento na simulação<sup>6</sup>.

Na avaliação *online* dos 26 alunos que fizeram o pré-teste e pós-teste, notou-se melhora significativa na média de acertos. O objetivo dos testes além de avaliar o ganho cognitivo foi de estimular a procura de respostas, algumas testadas pelos alunos na simulação. O pós-teste foi imediatamente seguido de discussão das questões para mostrar as respostas corretas e esclarecer as dúvidas sobre o tema de interação cardiopulmonar na ventilação mecânica. Neste trabalho não foi possível avaliar a retenção cognitiva, pois a simulação de ventilação mecânica fazia parte do ensino da instituição. Em atividade presencial, o uso do simulador Xlung, aumentou o ganho cognitivo em 24 alunos<sup>1</sup>. O estudo presencial com simulador SimVa comparou em dois grupos de 22 residentes, um grupo de estudo em livros e outro de treinamento com simulador, obtendo ganho cognitivo no pós-teste imediato, mas no pós-teste feito três meses após atividade, a retenção do ganho cognitivo foi obtida somente no grupo que utilizou o simulador<sup>52</sup>.

Diante da atividade de simulação pode existir alguns problemas, e seguindo as orientações dos saberes necessários à prática educativa de Paulo Freire, podemos comentar:

- a) Dificuldade no manuseio do *software* pode ser atenuada pelos arquivos disponíveis para consulta, possibilidade de contato com autor do simulador. Ensinar alunos pode exigir uma compreensão diferente das suas necessidades e respeitar o nível de entendimento diferenciado. Caso as perguntas dos discentes sejam frequentes com necessidade de respostas mais detalhadas, cabe ao docente emitir resposta e oferecer ao discente que ainda tenha dúvidas a possibilidade de encaminhar suas questões por meio de *chat* ao final da aula, e-mail.
- b) Falta de curiosidade de parte ou todo o grupo discente sobre o tema: O educador tem a obrigatoriedade de abrir espaço para perguntas, esclarecer com detalhes suas simulações, entender que o silêncio possa ter várias causas além da falta de interesse. Na maioria das vezes o entendimento do tema é complexo e somente posturas ativas do educador podem ajudar, tais como: uma escuta atenta a uma pergunta, respeito na explicação detalhada quando a resposta é errada, estimular o raciocínio para encontrar a resposta correta, o elogio para respostas corretas, parar a simulação ou sons do simulador permitindo a plena interação entre discente e docente.
- c) Dificuldades técnicas com computadores como ausência de energia, conexão e processadores insuficientes: no caso de atividades presenciais é responsabilidade da instituição e do docente em escolher computadores com processadores adequados, mas para atividade remota isto deixa de ser possível, pois o aluno pode não ter um dispositivo com capacidade suficiente. A ausência de energia por pane elétrica e/ou problemas de conexão pode provocar problemas em qualquer a atividade *online* ou presencial. Outro problema foi acesso pela internet pelo celular, pois não existe uma versão para uso em celular<sup>6</sup>.

## 7 CONCLUSÃO

A avaliação do *software* por engenheiro aprovou o uso do simulador para o objetivo de ensino e as recomendações orientadas foram seguidas.

A avaliação dos especialistas indicou o *software* como uma ferramenta adequada para ensino da teoria e/ou prática sobre ventilação mecânica, e a sugestão deles contribuiu com perspectivas diferentes para melhorias no simulador.

Os alunos tiveram melhora de desempenho nos testes após uso do simulador, a oportunidade de participar do processo de treinamento com segurança, pois mesmo quando as intercorrências aconteciam podiam recomeçar, e corrigir seus erros em vários cenários clínicos simulados. A avaliação da retenção cognitiva seria interessante, mas não pode ser feita devido a programação de ensino da instituição. Os comentários dos alunos ajudaram na adequação da atividade expositiva e no simulador.

O ensino de ventilação mecânica requer conhecimento, paciência e ferramentas de metodologia ativa para obter sucesso no processo de ensino aprendizagem. O simulador com interação cardiopulmonar desenvolvido é uma ferramenta de grande valia para alcançar o entendimento do tema, estimular o estudo e o uso racional da ventilação mecânica, esperando que ele seja autoaplicável, e que desperte a curiosidade e interesse dos discentes, respeitando a autonomia e velocidade de aprendizagem de cada um.



## REFERÊNCIAS

01. Lino JA, Gomes GC, Sousa NDSVC, Carvalho AK, Diniz MEB, Viana Junior AB, et al. A Critical Review of Mechanical Ventilation Virtual Simulators: Is It Time to Use Them? *JMIR Med Educ* 2016;2(1):e8. doi: <https://doi.org/10.2196/mededu.5350>
  
02. Osaku EF. Desenvolvimento de um *Software* Didático para o apoio ao Aprendizado de Ventilação mecânica. Dissertação de Tese de Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial do Centro de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba Paraná. 2005 [acesso em 11 out 2018]. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/110>.
  
03. Marcelo Emanuel Bezerra Diniz. Desenvolvimento da Versão 2.0 do Simulador Virtual de Ventilação Mecânica Xlung. Dissertação de Tese de Mestrado Profissional Minimamente Invasiva e Simulação em Saúde. Fortaleza Ceará. 2016 [acesso em 19 mar 2019]. Disponível em: <https://unichristus.edu.br/temis/dissertacoes/attachment/desenvolvimento-da-versa%cc%83o-2-0-do-simulador-virtual-de-ventilac%cc%a7a%cc%83o-meca%cc%82nica-xlung/>
  
04. Yee J, Fuenning C, George R, Hejal R, Haines N, Dunn D et al. Mechanical Ventilation Boot Camp: A Simulation-Based Pilot Study. *Critical care research and practice*, 2016. Article ID:4670672. [acesso em 31 mar 2019]. Disponível em <https://doi.org/10.1155/2016/4670672>.
  
05. Spadaro S, Karbing DS, Fogagnolo A, Ragazzi R, Mojoli F, Astolfi L, et al. Simulation Training for Residents Focused on Mechanical Ventilation: A Randomized Trial Using Mannequin-Based Versus Computer-Based Simulation. *Simul Healthc* 2017 Dec;12(6):349-55 [acesso em 30 mar 2019]. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5768222/>
  
06. Freire, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 57ª ed. Rio de Janeiro, São Paulo: Paz e Terra,2018.
  
07. Hess DR. Ventilator Waveform and the Physiology of Pressure Support Ventilation. *Respir Care* 2005;50(2):166-183 [acesso em 8 out 2018]. Disponível em <http://rc.rcjournal.com/content/respcare/50/2/166.full.pdf>.
  
08. Hess DR. Respiratory Mechanics During Mechanical Ventilation. *Respir Care* 2014;59(11):1773-1794 [acesso em 8 out 2018]. Disponível em <http://rc.rcjournal.com/content/respcare/59/11/1773.full.pdf>. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.03410>

09. Barbas CS, Ísola AM, Farias AMC, Cavalcanti AB, Gama AM, Duarte ACM, et al. Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica – 2013. São Paulo: Associação de Medicina Intensiva Brasileira; 2013 [acesso em 2 jun 2018]. Disponível em: [https://www.amib.org.br/fileadmin/user\\_upload/amib/2018/junho/15/Diretrizes\\_Brasileiras\\_de\\_Ventilacao\\_Mecanica\\_2013\\_AMIB\\_SBPT\\_Arquivo\\_Eletronico\\_Oficial.pdf](https://www.amib.org.br/fileadmin/user_upload/amib/2018/junho/15/Diretrizes_Brasileiras_de_Ventilacao_Mecanica_2013_AMIB_SBPT_Arquivo_Eletronico_Oficial.pdf).
10. Munshi L, Del Sorbo L, Adhikari NKJ, Hodgson CL, Wunsch H, Meade MO, et al. Prone Position for the Acute Respiratory Distress Syndrome. . A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Am Thorac Soc*. 2017 Oct;14(Suppl 4):S280-S288 [acesso em 7 dez 2019]. Disponível em: <https://www.atsjournals.org/doi/10.1513/AnnalsATS.201704-343OT>.
11. Writing Group for the Alveolar Recruitment for Acute Respiratory Distress Syndrome Trial (ART) Investigators. Cavalcanti AB, Suzumura ÉA, Laranjeira LN, Paisani DM, Damiani LP, Guimarães HP, et al. Effect of Lung Recruitment and Titrated Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) vs Low PEEP on Mortality in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 318(14), 1335–1345 [acesso em 11 jun 2019]. Disponível em <https://doi.org/10.1001/jama.2017.1417>.
12. Lessa T, Pereira CAC, Soares MR , Matos R, Guimarães VP, Sanches G, et al. Valores de referência para volumes pulmonares por pletismografia em uma amostra brasileira de adultos da raça branca. *J Bras Pneumol*. 2019;45(3):e20180065 [acesso em 10 dez 2019]. Disponível em <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/SZ6XqXtyfhLzY3MWNTdTvpqf/?lang=pt>.
13. Kopelent V, Roubik K. Effectivity of Tracheal Gas Insufflation on Artificial Lung Ventilation. In *Biomedical Engineering [CD-ROM]* Zurich: Acta Press; 2004, p. 417-127 [acesso em 10 jul 2020]. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/229056866\\_Effectivity\\_of\\_tracheal\\_gas\\_insufflation\\_on\\_artificial\\_lung\\_ventilation](https://www.researchgate.net/publication/229056866_Effectivity_of_tracheal_gas_insufflation_on_artificial_lung_ventilation).
14. Blanch L, Bernabé F, Lucangelo U. Measurement of Air Trapping, Intrinsic Positive End-Expiratory Pressure, and Dynamic Hyperinflation in Mechanically Ventilation Patients. *Respir Care*. 2005;50(1):110-24 [acesso em 23 set 2018]. Disponível em <http://rc.rcjournal.com/content/respcare/50/1/110.full.pdf>.
15. Natalini G, Tuzzo D, Rosano A, Testa M, Grazioli M, Pennestri V, et al. VENTILAB Group. Assessment of Factors Related to Auto-PEEP. *Respir Care*. 2016;61(2):134-41 [acesso em 16 out 2018]. DOI: <https://doi.org/10.4187/respcare.04063>.
16. Murias G, Blanch L, Lucangelo U. The physiology of ventilation. *Respir Care*. 2014;59(11):1795-807 [acesso em 22 set 2018]. Disponível em <https://doi.org/10.4187/respcare.03377>.
17. Rubinstein I, Zamel N, DuBarry L, Hoffstein V. Airflow Limitation in Morbidly Obese, Nonsmoking Men. *Ann Intern Med*. 1990 June 1;112(11):828-32 [acesso em 20 nov 2020]. Disponível em <https://doi.org/10.7326/0003-4819-112-11-828>.

18. Mafort TT, Rufino R, Costa CH, Lopes AJ. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. *Multidiscip Respir Med*. 2016;11:28 [acesso em 30 jun 2020]. Disponível em <https://doi.org/10.1186/s40248-016-0066-z>.
19. Vieira FC. Resistência de Vias Aéreas e Inflamação em Obesos Asmáticos: Estudo em Crianças e Adolescentes. Tese para Defesa de Doutorado do Programa de Pós-Graduação de Saúde na Criança e Adolescente do Centro de Ciências da Saúde. Recife Pernambuco 2018 [acesso em 26 dez 2020]. Disponível em <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/31002/1/TESE%20Fabiana%20Cavalcanti%20Vieira.pdf>.
20. Subirà C, de Haro C, Magrans R, Fernández R, Blanch L. Minimizing Asynchronies in Mechanical Ventilation: Current and Future Trends. *Respir Care*. 2018 Apr;63(4):464-78 [acesso em 11 nov 2020]. Disponível em <https://doi.org/10.4187/respcare.05949>.
21. Höher JA. Gasto Energético de Pacientes em Ventilação Mecânica: estudo Comparativo das Modalidades Controlada e Assistida através da Calorimetria Indireta. Tese para Defesa de Doutorado do Programa de Pós-Graduação de Medicina: Pneumologia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005 [acesso em 19 ago 2019]. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5360>.
22. Bollela VR, Borges MC, Troncon LEA. Avaliação Somativa de Habilidades Cognitivas: Experiência Envolvendo Boas Práticas para a Elaboração de Testes de Múltipla Escolha e a Composição de Exames. *Revista Brasileira de Educação Médica* 2018;42(4): 74-85. Disponível em <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v42n4RB20160065>.
23. HTML Standard [acesso em 31 jul 2019]. Disponível em: <https://html.spec.whatwg.org>.
24. Moraes SG, Pereira LA. A multimedia approach for teaching human embryology: Development and evaluation of a methodology. *Ann Anat*. 2010 Dec 20;192(6):388-95. Disponível em <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2010.05.005>.
25. Moraes SG, Justino ML, Jansen BF, Barbosa EP, Bruno LFC, Pereira LAV. Development and validation of a strategy to assess teaching methods in undergraduate disciplines. *Progress in Education*. 2012;28:81-108 [acesso em 24 abr 2021]. Disponível em: [http://www.novapublishers.org/catalog/product\\_info.php?products\\_id=35562](http://www.novapublishers.org/catalog/product_info.php?products_id=35562)
26. Mello ASFV. Simulação realística: diagnóstico do trabalho de parto na graduação de medicina. Dissertação de Tese de Mestrado Profissional em Educação nas profissões da Saúde. Sorocaba São Paulo. 2018 [acesso em 22 abr 2021]. Disponível em <https://repositorio.pucsp.br/bitstream/handle/21882/2/Ana%20Silvia%20Ferranti%20Veiga%20de%20Mello.pdf>.

27. HTML Tutorial [acesso em 31 jul 2019]. Disponível em <https://www.w3schools.com/html/default.asp>
28. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO/IEC 9126-1. Engenharia de *software* – Qualidade de produto – Parte 1: Modelo de qualidade. São Paulo: ABNT; 2001 [acesso em 10 fev 2019]. Disponível em: <https://www.abnt.org.br>.
29. Associação Brasileira de Normas Técnicas [acesso em 10 fev 2019]. Disponível em: <https://www.abnt.org.br>.
30. Likert R. The method of constructing an attitude scale. New York. Wiley; 1967.
31. Classtime [site]. Disponível em <https://www.classtime.com/pt/>
32. Alexandre NMC, Coluci MZO. Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. Cien Saude Colet. 2011;16(7):3061-8 [acesso em 19 abr 2021]. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000800006>.
33. Souza AC, Alexandre NMC, Guirardello EB. Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da validade. Epidemiol Serv Saude [Internet]. 2017 Set;26( 3 ): 649-659. [acesso em 03 abr 2020]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742017000300022>.
34. Guyton, A.C, Hall. J.E. Tratado de Fisiologia Médica. 13ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017.
35. Oxyhemoglobin Dissociation Curve [acesso em 6 set 2019]. Disponível em: <http://www.ventworld.com/resources/oxydisso/dissoc.html>.
36. Hutchinson D. Creating Particles in HTML5 Canvas [acesso em 17 fev 2020]. Disponível em: <https://modernweb.com/creating-particles-in-html5-canvas/>
37. Rosa RG, Rutzen W, Madeira L, Ascoli AM, Dexheimer Neto FL, Maccari JG, et al. Uso da tomografia por impedância elétrica torácica como ferramenta de auxílio às manobras de recrutamento alveolar. Rev Bra Ter Intensiva. 2015;27(4):406-411 [acesso em 15 mar 2020]. Disponível em <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20150068>
38. Amato MBP, Gonzales R, Carvalho CRR. Tomógrafo de impedância elétrica desenvolvido pela USP monitora o pulmão de pacientes em tratamento intensivo [acesso em 2 abr 2020]. Disponível em: <http://www.medicinaintensiva.com.br/tomografia-impedancia-eletrica-pulmonar.htm>.
39. Langer T, Santini A, Bottino N, Crotti S, Batchinsky AI, Pesenti A, et al. "Awake" extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): pathophysiology, technical considerations, and clinical pioneering. Crit Care. 2016 Jun 30;20(1):150 [acesso em 13 abr 2020]. doi: <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1329-y>

40. Invasive mechanical ventilation [acesso em 31 mar 2020]. Disponível em: <https://thoracickey.com/invasive-mechanical-ventilation/>
41. Furtado S, Reis L. Avaliação de veia cava inferior na decisão de fluidoterapia em cuidados intensivos: implicações práticas. Rev Bras Ter Intensiva. 2019 ;31(2):240-7 [acesso em 20 mai 2021]. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbti/a/sryTL6XxGNnbQys8pzvWkcM/?lang=pt&format=pdf>.
42. Koenig M. FREE Sound Clips. SoundBible.com Blog [acesso em 20 jun 2020]. Disponível em: <http://soundbible.com/>
43. Pinheiro BV, Pinheiro GSM, Mendes MM. Entendendo melhor a insuficiência respiratória aguda. Pulmão RJ 2015;24(3):3-8 [acesso em 14 mar 2021]. Disponível em: [http://www.sopterj.com.br/wp-content/themes/sopterj\\_redesign\\_2017/revista/2015/n\\_03/04.pdf](http://www.sopterj.com.br/wp-content/themes/sopterj_redesign_2017/revista/2015/n_03/04.pdf).
44. Barbas CSV, Bueno MAS, Amato MBP, Hoelz C, Rodrigues Junior M. Interação cardiopulmonar durante a ventilação mecânica. Rev Soc Cardiol Estado São Paulo. 1998;8(3):406-19 [acesso em 17 jun 2019]. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/242286832\\_Interacao\\_cardiopulmonar\\_durante\\_a\\_ventilacao\\_mecanica](https://www.researchgate.net/publication/242286832_Interacao_cardiopulmonar_durante_a_ventilacao_mecanica).
45. Leite LHR. Transporte de gases. Juiz de Fora; 2019 [acesso em 11 fev 2021]. Disponível em: [https://www.ufjf.br/laura\\_leite/files/2019/03/Transporte-de-gases.pdf](https://www.ufjf.br/laura_leite/files/2019/03/Transporte-de-gases.pdf)
46. Reis MAS. Suporte ventilatório Covid-19. Belo Horizonte; 2020 [acesso em 21 abr 2021]. Disponível em: <https://www.somiti.org.br/arquivos/site/comunicacao/noticias/2020/covid-19/documentos/suporte-ventilatorio-covid-19-atualizado-10-abril.pdf>
47. Peduzzi M, Norman IJ, Germani AC, da Silva JA, de Souza GC. Educação interprofissional: formação de profissionais de saúde para o trabalho em equipe com foco nos usuários [Interprofessional education: training for healthcare professionals for teamwork focusing on users]. Rev Esc Enferm USP. 2013 Aug;47(4):977-83. Portuguese [acesso em 6 mai 2021]. Acessível em <https://doi.org/10.1590/s0080-623420130000400029>.
48. Appenzeller S, Menezes FH, dos Santos GG, Padilha RF, Graça HS, Bragança JF. Novos Tempos, Novos Desafios: Estratégias para Equidade de Acesso ao Ensino Remoto Emergencial. Rev Bras Educ Med 44 (suppl.1): e0155, 2020 [acesso em 25 jun 2021]. Disponível em <https://doi.org/10.1590/1981-5271v44.supl.1-20200420>
49. Aggarwal R, Mytton OT, Derbrew M, Hananel D, Heydenburg M, Issenberg B, et al. Training and simulation for patient safety. Qual Saf Health Care. 2010 Aug;19(Suppl 2):i34-43 [acesso em 30 mar 2019]. Disponível em <https://doi.org/10.1136/qshc.2009.038562>.

50. Tallo FS, de Campos Vieira Abib S, de Andrade Negri AJ, Cesar P Filho, Lopes RD, Lopes AC. Evaluation of self-perception of mechanical ventilation knowledge among Brazilian final-year medical students, residents and emergency physicians. *Clinics (Sao Paulo)*. 2017;72(2):65-70 [acesso 14 set 2021]. Disponível em:

[https://doi.org/10.6061/clinics/2017\(02\)01](https://doi.org/10.6061/clinics/2017(02)01)

51. Lopes TA. Ensino de ventilação mecânica através de um simulador. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino em Ciências da Saúde e do Meio Ambiente do UniFOA. Volta Redonda Rio de Janeiro. 2016 [acesso em 30 mai 2021]. Disponível em

[https://sites.unifoa.edu.br/portal\\_ensino/mestrado/mecasma/arquivos/2016/tatiana-assis.pdf](https://sites.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/mecasma/arquivos/2016/tatiana-assis.pdf).

52. Roze H, Rivière E, Dubois R, Ouattara A. Teaching Mechanical Ventilation for Residents in Intensive Care. A randomized Trial Using Traditional Lectures VS Computer-Based Simulation (SimVa). *Ann Intensive Care* 2019,9(Supp1):P-57,p.90 [acesso em 9 jun 2021]. Disponível em

<https://annalsofintensivecare.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s13613-018-0474-7.pdf>.

## ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS E DA SAÚDE DA  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** SOFTWARE EDUCACIONAL: SIMULADOR DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E SEUS EFEITOS HEMODINÂMICOS.

**Pesquisador:** MOYSES DE CAMPOS JUNIOR

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 18188219.9.0000.5373

**Instituição Proponente:** Fundação São Paulo - Campus Sorocaba da PUC-SP Fac Ciências Med e da

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.434.803

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Educação nas Profissões da Saúde, Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde, PUC-SP, que consistirá na elaboração de um software simulador de ventilação mecânica com dados visuais respiratórios e hemodinâmicos, e terá a supervisão e aprovação da Divisão de Tecnologia da Informação. Depois desta fase, os alunos de medicina (PUC-SP) do 5º e 6º anos serão convidados a participar da atividade interativa com o software, e se concordarem, serão submetidos à análise de ganho cognitivo e ao questionário de percepção de qualidade do software. Acredita-se que o software possa ser de grande valia para alcançar o entendimento do tema, estimular o estudo e o uso racional da ventilação mecânica. A ventilação mecânica é um método terapêutico para os pacientes que necessitem suporte ventilatório artificial, seja oferecido de forma não invasiva ou invasiva.

A aprendizagem na área de ventilação mecânica é necessária, e o ambiente de simulação se mostrou útil na introdução dos princípios básicos da mecânica pulmonar e interação entre o paciente e o ventilador.

A simulação virtual de ventilação mecânica e seus efeitos na hemodinâmica aumentam o aprendizado do aluno para entendimento do tema e o uso racional do suporte ventilatório mecânico.

O ambiente de simulação dentro do ensino não pode se limitar a conteúdos fixos, e deve chamar a

**Endereço:** Rua Joubert Wey, 290  
**Bairro:** Verguelo **CEP:** 18.030-070  
**UF:** SP **Município:** SOROCABA  
**Telefone:** (15)3212-9896 **Fax:** (15)3212-9896 **E-mail:** cepfms@pucsp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS E DA SAÚDE DA  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 3.434.803

atenção para as possíveis ocorrências bem como para a estratégia mais adequada para enfrentamento destas situações

O desenvolvimento do software e dos instrumentos de avaliação, uso e avaliação da estratégia de ensino serão realizados nas dependências da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde (FCMS) da PUC-SP (campus Sorocaba), utilizando a infraestrutura já disponível

Espera-se que o software seja autoaplicável, desperte a curiosidade, o interesse dos discentes, respeitando a autonomia e velocidade de aprendizagem de cada um. Possa ser de grande valia para alcançar o entendimento do tema, estimular o estudo e o uso racional da ventilação mecânica.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Geral:

O presente projeto tem como objetivo principal elaborar e avaliar um software, levando em consideração tanto as variáveis no manejo da ventilação mecânica quanto das principais variáveis sistêmicas que podem ser alteradas em consequência do procedimento.

Objetivos Específicos:

1. Elaborar um software que tenha visualização ativa através de curvas e das alterações nos parâmetros de ventilação mecânica, associar a estes parâmetros a pressão arterial, eletrocardiograma, capnografia, e condição neurológica em tempo real.
2. Avaliar a influência deste software através da sua aplicação, individualmente ou em grupos, para discentes do 5º e 6º anos de Medicina do Curso de Medicina da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde (FCMS) da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), na aprendizagem do conteúdo de ventilação mecânica, bem como avaliar seus pontos positivos e negativos.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os pesquisadores informam que:

Riscos: Com relação aos riscos, o presente projeto poderá ser prejudicado por problemas técnicos e de logística, já que depende do uso de recursos técnicos (computadores) assim como reserva do laboratório de informática da FCMS-PUC-SP. Para a análise estatística viável dependerá ainda da amostra pré-estabelecida de voluntários. Já os riscos para os voluntários poderá incluir dificuldade no manuseio do software, mesmo tendo em vista que se tratará de um recurso didático apresentado inicialmente em aula e depois para estudo autogerido, ou seja, cada usuário utilizará o software na sua própria velocidade de aprendizagem, e dependerá da curiosidade e interesse por materiais para consulta oferecidos no ambiente Moodle.

Endereço: Rua Joubert Wey, 290  
 Bairro: Vergueiro CEP: 18.030-070  
 UF: SP Município: SOROCABA  
 Telefone: (15)3212-9896 Fax: (15)3212-9896 E-mail: ceptoms@pucsp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS E DA SAÚDE DA  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 3.434.803

**Benefícios:** Ao simular a ventilação mecânica em várias situações clínicas temos como objetivo incentivar o raciocínio nos conteúdos na prática médica, oferecendo ao aluno a possibilidade de enfrentar as adversidades. O material didático terá um texto de ajuda para cada opção que seja alterada, espera-se que seja autoaplicável, e que desperte a curiosidade e interesse dos discentes, respeitando a autonomia e velocidade de aprendizagem de cada um. Possa ser de grande valia para alcançar o entendimento do tema, estimular o estudo e o uso racional da ventilação mecânica.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Para avaliar o uso do software e complementar a avaliação de seu conteúdo os usuários serão convidados a responder, ao término do uso, um instrumento de percepção caracterizado por um questionário de coleta dos dados. Os voluntários serão orientados a não deixar de se posicionar sobre nenhuma das asserções (Apêndice B).

Serão convidados a fazer parte desta pesquisa os alunos do 5º e 6º de Medicina que estiverem passando no estágio da disciplina de Pneumologia.

Pré e Pós-testes A comparação das questões do pré-teste e da avaliação do aluno pós-teste será executada por um especialista da área não associado ao projeto, utilizando um roteiro de correção. As notas atribuídas serão de zero a dez e os resultados da correção serão comparados pelo teste "t" de Student, com o valor de significado estatístico menor que 0,01.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O TCLE e os formulários estão adequados com a resolução nº 466/12.

**Recomendações:**

não Há

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

aprovado

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Acatar

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1362758.pdf	24/08/2019 17:08:57		Aceito

Endereço: Rua Joubert Wey, 290  
Bairro: Vergueiro CEP: 18.030-070  
UF: SP Município: SOROCABA  
Telefone: (15)3212-9896 Fax: (15)3212-9896 E-mail: cepfoms@pucsp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS  
MÉDICAS E DA SAÚDE DA  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 3.434.803

Outros	Curriculo_Lattes_Prof_Dra_Suzana_Gui maraes_Moraes.pdf	24/06/2019 17:06:10	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Moyses_de_Campos_ Junior.pdf	24/06/2019 17:00:04	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	20/06/2019 23:28:51	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito
Outros	Carta_ao_CEP.pdf	20/06/2019 23:28:07	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.doc	20/06/2019 23:15:46	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDetalhado.doc	20/06/2019 23:11:09	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	20/06/2019 23:10:42	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito
Outros	APENDICEB.docx	23/05/2019 18:29:59	MOYSES DE CAMPOS JUNIOR	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SOROCABA, 03 de Julho de 2019

Assinado por:

**Dirce Setsuko Tacahashi**  
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Joubert Wey, 290

Bairro: Vergueiro

CEP: 18.030-070

UF: SP

Município: SOROCABA

Telefone: (15)3212-9896

Fax: (15)3212-9896

E-mail: ceptoms@pucsp.br

## ANEXO B – AVALIAÇÃO DE ENGENHEIRO DE SOFTWARE

### PROJETO SOFTWARE EDUCACIONAL: SIMULADOR DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E SEUS EFEITOS HEMODINÂMICOS

Este projeto de pesquisa está sendo desenvolvido no Curso de Mestrado Profissional em Educação nas Profissões da Saúde, na Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo pelo discente Moyses de Campos Junior, sendo orientado pela Profa Dra. Suzana Guimarães Moraes.

#### Avaliação do software

O objetivo do software [1] que foi projetado para ser um simulador ventilação mecânica e hemodinâmica, criado para alunos que estiverem passando no estágio da disciplina de pneumologia

O usuário do software [2] são alunos que estiverem passando no estágio da disciplina de pneumologia.

#### 4.5.2.1 Avaliação da Qualidade do Software pela equipe de TI

A avaliação técnica do software será realizada pela equipe de DTI do presente projeto de acordo com a norma NBR 13596<sup>12</sup>, que determina as características de qualidade do software. Esta norma foi traduzida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)<sup>14</sup> a partir da norma ISO/IEC 9126, que é constantemente revisada pela *International Organization for Standardization* (ISO). A qualidade em uso pode ser medida através da operação do Produto Final em condição de uso normal ou simulada, verificando-se a existência e nível das Características (vide tabela 2) e Subcaracterísticas (vide tabela 3) definidos na Norma ISO/IEC 9126 [NBR13596].

Tabela 2 - Características da Qualidade de Software segundo a ISO/IEC 9126-1 NBR 13596

DIMENSÃO	SIGNIFICADO	PERGUNTA CHAVE
Funcionalidade	Evidencia o conjunto de funções que atendem às necessidades explícitas e implícitas para a finalidade a que se destina o produto.	Satisfaz às necessidades?

	Sim, satisfaz a necessidade pois atende o objetivo do software [1].	
Confiabilidade	Evidencia a capacidade do produto de manter seu desempenho ao longo do tempo e em condições estabelecidas.  Nenhum software é imune a falhas, mas o software foi projetado e testado para rodar dentro do navegador Chrome como pré requisito, se o pré requisito for obedecido não haverá falhas.	É imune a falhas?
Usabilidade	Evidencia a facilidade para a utilização do produto.  O software é fácil de usar, desde que o usuário do software [2] e o objetivo [1] seja respeitado	É fácil de usar?
Eficiência	Evidencia o relacionamento entre o nível de desempenho do produto e a quantidade de recursos utilizados, sob condições estabelecidas.  Sim, o software é rápido e enxuto desde que respeite a utilização mínima que é navegador Chrome com processador Intel i5 de 2.7 GHz com 6 GB memória de RAM.	É rápido e "enxuto"?
Manutenibilidade	Evidencia o esforço necessário para realizar modificações no produto.  O produto foi desenvolvido usando HTML, CSS e Javascript, desta forma ele é simples de ser modificado desde que respeite as regras de negócios escritas no simulador ou seja modificado por um profissional qualificado.	É fácil de modificar?
Portabilidade	Evidencia a capacidade do produto de ser transferido de um ambiente para outro.  Sim, é fácil de usar em outro ambiente porque o software roda em navegador Chrome no Windows, Linux e Mac OS.	É fácil de usar em outro ambiente?

Tabela 3 – Subcaracterísticas da Qualidade de Software segundo a ISO/IEC 9126-1 NBR 13596

CARACTERÍSTICAS	SUBCARACTERÍSTICAS	PERGUNTA CHAVE PARA A SUBCARACTERÍSTICA
Funcionalidade	Adequação	Propõe-se a fazer o que é apropriado?
	Acúrcia	Sim, propõe-se a fazer o que é apropriado desde que o usuário do software [2] e o objetivo [1] seja respeitado Fez o que foi proposto de forma correta?

		<p>Sim, faz o que foi proposto de maneira correta desde que o usuário do software [2] e o objetivo [1] seja respeitado.</p>
	Interoperabilidade	<p>Interage com os sistemas especificados?</p>
	Conformidade	<p>O software foi projetado para não interagir com outros softwares</p> <p>Está de acordo com as normas, leis etc.?</p>
	Segurança de Acesso	<p>Sim, está de acordo com as normas e leis desde que o usuário do software [2] e o objetivo [3] seja respeitado</p> <p>Evita acesso não autorizado aos dados?</p>
	Maturidade	<p>O software não armazenado dados, muito menos dados sensíveis</p> <p>Com que frequência apresentam falhas?</p>
Confiabilidade	Tolerância às falhas	<p>Nos testes o emulador não apresentou falhas. Mas é aconselhável que o usuário do software [2] e o objetivo [3] seja respeitado</p> <p>Ocorrer de falhas como ele reage?</p>
	Recuperabilidade	<p>Nos testes o emulador não apresentou falhas.</p> <p>É capaz de recuperar dados em caso de falha?</p>
	Usabilidade	<p>Não existe armazenamento de dados pelo software. Para iniciar uma nova simulação basta reiniciar o simulador.</p> <p>É fácil entender o conceito e a aplicação?</p>
	Inteligibilidade	<p>Sim, é fácil de entender o conceito e aplicação desde</p>

		que o usuário do software [2] e o objetivo [1] seja respeitado.
	Aprendizabilidade	É fácil aprender a usar?  Sim, é fácil de usar desde que o usuário do software [2] e o objetivo [1] seja respeitado.
	Operacionalidade	É fácil de operar e controlar?  Sim, é fácil de operar e controlar desde que o usuário do software [2] e o objetivo [1] seja respeitado.
Eficiência	Tempo	Qual é o tempo de resposta e a velocidade de execução?  A velocidade depende muito do pré-requisito do computador que é um navegador Chrome com processador Intel i5 de 2,7 GHz com 6 GB de memória RAM.
	Recurso	Quanto recurso usa? Durante quanto tempo?  O software precisa de 50% de CPU livre do processador Intel i5 de 2,7 GHz com 6 GB memória de RAM recomendado, e duração do tempo depende muito dos dados que são simulados.
Manutenibilidade	Analisabilidade	É fácil de encontrar uma falha, quando ocorre?  Sim, é fácil encontrar uma falha quando ocorrer porque existe um pré-requisito mínimo de conhecimento do usuário para operar o simulador [2] e o objetivo [1] do software.
	Modificabilidade	É fácil modificar, adaptar?  É fácil de modificar desde que respeite as regras de negócio pré estabelecidas.
	Estabilidade	Há grande risco quando se faz alterações?

		Não existe risco de alteração por se tratar de um simulador.
	Testabilidade	É fácil testar quando se faz alterações?
	Adeptabilidade	É fácil de testar usuário do software [2] e o objetivo [3] É fácil adaptar para outros ambientes?
	Capacidade para ser instalado	O software foi projetado para rodar em um computador que é um navegador Chrome com processador Intel i5 de 2,7 GHz com 8GB de memória RAM. É fácil instalar em outros ambientes?
Portabilidade	Conformidade	O software foi projetado para rodar em um navegador Chrome, desta forma a instalação é simples. Abrir o Chrome e abrir o simulador. Está de acordo com padrões de portabilidade?
	Capacidade para substituir	Sim, o software foi projetado para rodar no navegador Chrome no Windows, Linux e Mac OS. É fácil usar para substituir outro?
		Sim, é fácil substituir Por ser um software que foi projetado para rodar em navegador Chrome no Windows, Linux e Mac OS e é simples de ser atualizado para uma nova versão

*Kleber Rodrigo de Carvalho*

Kleber Rodrigo de Carvalho - CPF: 253.184.448-14  
Engenheiro de Software



## APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do Estudo: **SOFTWARE EDUCACIONAL: SIMULADOR DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E SEUS EFEITOS HEMODINÂMICOS.**

Você está sendo convidado a participar deste estudo, onde estará em avaliação o uso de um *software* interativo, que tem por objetivo servir como apoio educacional ao aprendizado da ventilação mecânica. Este consiste na resposta a um pós-teste e a um instrumento de percepção, no qual poderá fazer as sugestões que considerar apropriadas.

Você não terá qualquer despesa por participar do estudo. Além disso, tem o direito de se recusar a participar ou interromper sua participação no estudo a qualquer momento, sem que isso tenha qualquer influência ou prejuízo ao seu desempenho acadêmico na PUC/SP. Será garantido o anonimato, sem benefícios ou indenizações, uma vez que não haverá qualquer exposição dos dados pessoais. Ao final os pesquisadores se comprometem a lhe comunicar os resultados.

Você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Moyses de Campos Junior, (fone 15-9813-0985 e no e-mail [mcjunior@pucsp.br](mailto:mcjunior@pucsp.br)), que estará disponível para esclarecer suas dúvidas ou sugestões. O presente estudo encontra-se sob orientação da Profa. Dra. Suzana Guimarães Moraes (fone 15-98116-1144 e e-mail [sgmoraes@pucsp.br](mailto:sgmoraes@pucsp.br)).

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde da PUC/SP aprovou este estudo e caso necessite outros esclarecimentos ou tenha algo a comunicar ao comitê, o fone é 15-3212-9896 e o e-mail [cepfcms@pucsp.br](mailto:cepfcms@pucsp.br).

Após ter lido os esclarecimentos deste termo, assinalo a minha concordância (sim) ou não concordância em participar desta pesquisa:

(...) SIM

(...) NÃO

Nome do (a) Participante (Letra de forma):

---

Data: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

---

**Pesquisador:** Moyses de Campos Junior



## APÊNDICE B - INSTRUMENTO DE PERCEPÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO SOFTWARE

Este instrumento de avaliação faz parte de um projeto de pesquisa intitulado

"**SOFTWARE EDUCACIONAL: SIMULADOR DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E SEUS EFEITOS HEMODINÂMICOS**".

### Instruções:

Sua participação é muito importante para o aprimoramento deste projeto, porém:

- É **voluntária**.
- Você **não** será identificado.
- Sinta-se à vontade para esclarecer eventuais dúvidas.
- **E o mais importante: não deixe de se posicionar perante nenhuma questão!**

**Obrigado!**

<b>Legenda:</b>
<b>CP: Concordo Plenamente</b>
<b>C: Concordo</b>
<b>I: Indiferente</b>
<b>D: Discordo</b>
<b>DP: Discordo Plenamente</b>

	CP	C	I	D	DP
1. Após utilizar o conteúdo com o <i>software</i> você pode entender o uso racional de ventilação mecânica.					
2. O <i>software</i> deve estar à disposição dos alunos, para a utilização extraclasse.					
3. A quantidade do conteúdo abordado é excessiva.					
4. Os conteúdos abordados no <i>software</i> <b>não</b> são relevantes à formação do profissional da saúde.					
5. A melhor maneira de colocar o <i>software</i> à disposição do aluno por acesso <i>online</i> .					
6. O <i>software</i> é de fácil utilização.					
7. Esta metodologia de ensino permite interação entre várias disciplinas ou áreas.					
8. Esta metodologia <b>não</b> integra teoria e prática.					
9. A metodologia desperta meu interesse para o aprendizado.					
10. Deve ser produzido material semelhante adaptado para outras áreas ou disciplinas.					
11. O material como um todo é de boa qualidade.					
12. É importante a iniciativa de avaliar uma metodologia de ensino.					
13. A metodologia de ensino estimula o raciocínio.					
14. Esta metodologia de ensino <b>não</b> aproxima a área básica da área clínica.					
15. Esta metodologia está de acordo com os objetivos da Reforma Curricular.					
16. O <i>software</i> acrescenta pouco àquilo já visto em sala de aula.					
17. A metodologia torna um assunto complexo como a Ventilação Mecânica mais interessante.					

**Por favor, verifique se você assinalou todas as afirmações! Como já dissemos, suas respostas serão mantidas em sigilo. Coloque no espaço a seguir e no verso desta folha, se necessário, os aspectos positivos e negativos do *software* utilizado, assim como comentários, críticas e sugestões que julgar importante:**



## APÊNDICE C - QUESTÕES UTILIZADAS PARA PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE

ATENÇÃO: Você tem 15 minutos para responder estes testes, assinale apenas uma alternativa para cada um.

- 1) São causas de hipoxemia na insuficiência respiratória aguda, exceto:
- Altitude elevada
  - Edema pulmonar
  - Intoxicação por barbitúrico
  - Hipoxia
  - Estado de mal asmático

### RESPOSTA DA QUESTÃO 1: d

- 2) Sobre os distúrbios na relação Ventilação/Perfusão(V/Q), podemos afirmar que:
- O "Shunt" Pulmonar tem V/Q aumentada
  - No Espaço Morto tem V/Q diminuída
  - O efeito "Shunt" Pulmonar ocorre no choque hipovolêmico
  - O efeito Espaço Morto ocorre na hipoventilação alveolar
  - O Espaço Morto ocorre no tromboembolismo pulmonar

### RESPOSTA DA QUESTÃO 2: e

- 3) Na síndrome da Angústia Respiratória do Adulto (SARA) encontramos:
- Aumento da produção de surfactante
  - Gradiente alvéolo-arterial de oxigênio elevado
  - Aumento do Espaço Morto Fisiológico
  - "Shunt" pulmonar normal
  - Complacência pulmonar aumentada

### RESPOSTA DA QUESTÃO 3: b

- 4) É uma característica da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC):
- Fluxo expiratório elevado
  - Resistência de vias aéreas diminuída
  - Aumento do Espaço Morto Fisiológico
  - "Shunt" pulmonar muito elevada
  - Limitação ao fluxo aéreo reversível

### RESPOSTA DA QUESTÃO 4: c

- 5) Qual é o valor mais adequado para volume de ar corrente na ventilação mecânica de pacientes sem patologias pulmonares?
- 7 ml/Kg de peso ideal
  - 12 ml/Kg de peso ideal
  - 4 ml/Kg de peso ideal
  - 10 ml/Kg de peso ideal
  - 2 ml/Kg de peso ideal

### RESPOSTA DA QUESTÃO 5: a

- 6) Sobre a Pressão Positiva Expiratória Final (“PEEP”), é correto afirmar que:
- Diminui a capacidade residual funcional pulmonar
  - Pode ser intrínseca (“AUTO-PEEP”) ou extrínseca (“PEEP”)
  - Pode aumentar o efeito “shunt” pulmonar
  - Desloca o fluído do interstício para o alvéolo pulmonar
  - Pode aumentar o retorno venoso

**RESPOSTA DA QUESTÃO 6: b**

- 7) Sobre as pressões de vias aéreas na ventilação mecânica no modo de ciclagem a volume, as afirmativas abaixo estão corretas, exceto:
- A Pressão de Platô (Pausa Inspiratória) reflete a complacência pulmonar
  - A pressão positiva expiratória final (“PEEP”) aumenta a Pressão de Platô
  - A resistência de vias aéreas pode alterar o Pico de Pressão Inspiratória (PPI)
  - O PPI não é alterado pelo valor quantitativo ou tipo de onda do Fluxo Inspiratório
  - (Pressão de Distensão Alveolar) = (Pressão Platô) – (“PEEP”)

**RESPOSTA DA QUESTÃO 7: d**

- 8) Qual a mudança no(s) parâmetro(s) do ventilador mecânico pode normalizar o pH num caso de acidose respiratória:
- Aumentar o volume minuto
  - Aumentar a pressão positiva expiratória final
  - Diminuir o volume corrente
  - Diminuir a frequência respiratória
  - Aumentar a Fração inspirada de oxigênio

**RESPOSTA DA QUESTÃO 8: a**

- 9) Qual das opções abaixo é a mais segura na ventilação mecânica de pacientes com Síndrome da Angústia Respiratória do Adulto Grave:
- Fazer manobras de recrutamento alveolar máximo em todos os pacientes
  - Manter a pressão de platô (pausa inspiratória) menor que 45 cm de H<sub>2</sub>O
  - Manter volume corrente entre 8 e 10 ml/Kg de peso ideal
  - Relação (tempo inspiratório) / (tempo expiratório) maior que 1
  - Manter a pressão de distensão alveolar menor que 15 cm de H<sub>2</sub>O

**RESPOSTA DA QUESTÃO 9: e**

- 10) Sobre a ventilação mecânica nos pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, as afirmativas abaixo estão corretas, exceto:
- O Tempo expiratório deve ser pelo menos 3 vezes maior que o inspiratório
  - O modo Pressão de Suporte não deve ser utilizado em pacientes com apneia
  - O valor da pressão positiva expiratória final oculta (“AUTO-PEEP”) não é relevante
  - Pode ser utilizado os modos de ciclagem controlada: Volume e Pressão
  - O modo Pressão Controlada não garante o Volume Minuto

**RESPOSTA DA QUESTÃO 10: c**

## APÊNDICE D – SUBPRODUTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: POSTER

POSTER DO 12º CONGRESSO PAULISTA DE EDUCAÇÃO MÉDICA (05 a 08/05/2021)

### **SOFTWARE EDUCACIONAL: SIMULADOR DE VENTILAÇÃO MECÂNICA E SEUS EFEITOS HEMODINÂMICOS.**

Moyses de Campos Junior<sup>1</sup>, Suzana Guimarães Moraes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> FCMS-PUCSP

**Palavras-chave:** software educacional; simulador; ventilação mecânica, hemodinâmicos.

**Área:** Metodologias de Ensino

**Introdução:** A ventilação mecânica é um método terapêutico para os pacientes que necessitem de suporte ventilatório artificial, seja ele oferecido de forma não invasiva ou invasiva. O manejo adequado da ventilação mecânica é considerado de alta complexidade e o uso de um simulador permite a capacitação profissional e aquisição de habilidades em ambiente seguro, já que evita o uso de pacientes para este fim.

**Objetivos:** O presente trabalho desenvolveu um software que simula o manejo da ventilação mecânica e sua interação cardiopulmonar.

**Métodos:** Após a autorização pelo comitê de ética, o *software* foi desenvolvido com apoio de equipe da tecnologia da informação, utilizando a *Web Hypertext Markup Language* (HTML) versão 5 com o editor livre Notepad++ versão 7.6.6., Javascript para elaboração de cálculos, CSS (*Cascading Style Sheets*) para os estilos, e Canvas do HTML para as animações e gráficos. Um engenheiro foi convidado para avaliar as características e subcaracterísticas do software segundo norma ISO/IEC 9126 [NBR13596]. Especialistas (três fisioterapeutas e três médicos) foram convidados para avaliação do conteúdo do simulador, sendo disponibilizado por e-mail: o software online, um manual de ajuda e link para o termo de consentimento livre e esclarecido com instrumento de percepção (constituído por asserções positivas e negativas em escala de Likert de concordância de 5 pontos).

**Resultados:** Discussão O simulador disponibilizou em tempo real: referências teóricas públicas, a opção de escolha de situações clínicas, a alteração de parâmetros de mecânica ventilatória e de outras condutas, monitorização de mecânica ventilatória e hemodinâmica em gráficos, gasometria arterial, e animações (alveolocapilar, pulmonar em dois planos, hemodinâmica, pneumotórax, aspiração). O simulador foi avaliado tecnicamente e aprovado pelo engenheiro de *software*, que ressaltou a viabilidade do seu uso somente no navegador Chrome. Na avaliação do conteúdo por especialistas, a média geral de Likert das asserções positivas foi 4,43, sendo a que teve maior índice de concordância foi o uso do simulador estimular o raciocínio (média de Likert igual a 5,00), enquanto para as asserções negativas a média geral foi 4,20, sendo a que teve pior índice de concordância foi o excesso de conteúdo (média de Likert igual a 3,30), seis das doze asserções positivas tiveram 100% de concordância, e apenas duas das cinco asserções negativas tiveram 100%. Foi obtido o valor médio de 0,86 para o índice de validade de conteúdo. A percepção sobre excesso de conteúdo era esperada, visto que o tema é complexo e exige conhecimentos prévios, como por exemplo domínio sobre a fisiologia respiratória, porém, todos os parâmetros presentes no simulador fazem parte do manejo prático. Os especialistas contribuíram ajudando com suas críticas e sugestões em qualquer parte da simulação. As sugestões viáveis foram incorporadas no software, como ajuste da velocidade dos desenhos dos gráficos, correção no cálculo da pressão parcial de oxigênio arterial e visualização da pressão mínima das vias aéreas. Os avaliadores consideraram este simulador como uma ferramenta facilitadora para o ensino da teoria e/ou prática da interação cardiopulmonar na ventilação mecânica. A simulação da ventilação mecânica não diminuiu a complexidade do tema, mas tem potencial de aproximar o aluno da realidade prática.

**Conclusões:** Segundo avaliadores, o *software* simulador de ventilação mecânica com interação cardiopulmonar é uma ferramenta facilitadora do processo de ensino-aprendizagem.



## APÊNDICE F – SUBPRODUTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: TEMA LIVRE

### TEMA LIVRE DO 19º CONGRESSO PAULISTA DE PNEUMOLOGIA (19 a 21/11/2021)

TÍTULO: GANHO COGNITIVO E PERCEPÇÃO DOS ALUNOS NO ENSINO ONLINE COM SIMULADOR DE VENTILAÇÃO MECÂNICA.

MOYSES DE CAMPOS JUNIOR<sup>1</sup>, SUZANA GUIMARÃES MORAES<sup>1</sup>

#### 1. FCMS-PUC-SP

**INTRODUÇÃO:** O manejo da ventilação mecânica (VM) é considerado de alta complexidade, e a simulação como um ambiente seguro para o ensino deste tema. O ensino remoto utilizado durante a pandemia gerou novos desafios. A verificação do ganho cognitivo e a percepção dos alunos pode orientar a didática e adequações no simulador.

**OBJETIVOS:** Verificar o ganho cognitivo e as percepções dos alunos no ensino online de VM.

**MÉTODOS:** Após autorização pelo comitê de ética e pesquisa, este trabalho sem grupo controle e não randomizado utilizou instrumentos validados: a) *software* educacional de VM com interação cardiopulmonar na linguagem *Web Hypertext Markup Language* versão 5 (HTML5); b) 10 questões para o pré e pós-teste com correção automática no site Classtime; c) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), 17 assertivas para o instrumento de percepção em escala de Likert de concordância de cinco pontos e campos para comentários no aplicativo Google Forms. Grupos de cinco a sete alunos do 5º ano do curso de medicina, em estágio normal, foram convidados para atividade online pelo Microsoft Teams (MT). A atividade no primeiro dia foi expositiva sobre VM (gravada no MT) e disponibilizado arquivos para estudo, depois no segundo dia com a sequência: pré-teste, atividade de simulação, preenchimento do instrumento de percepção, pós-teste e discussão dos testes. Para análise do ganho cognitivo foi utilizado o teste “t” de Student para alfa de 0,01. A análise quantitativa do instrumento de percepção utilizou a média dos pontos em escala de Likert (L) e a concordância para cada assertiva. Os comentários foram agrupados por semelhança.

**RESULTADOS:** Somente 26 dos 35 alunos convidados concordaram com TCLE. A média e o desvio padrão de acertos nas questões no pré-teste foi de 12,4±4,74 e no pós-teste de 20,2±3,97, o valor de “t”=3,98 e  $p<0,001$ , ou seja, a média pós-teste foi maior que a pré-teste. Na percepção dos alunos em relação ao simulador, a concordância nas assertivas foi de: 46,2% para “excesso de conteúdo” (L=3,35), 50% para “fácil de usar” (L=3,58), e para todas as outras maior ou igual a 73,1%. Os alunos fizeram 39 comentários: 20 positivos, dois neutros e 17 negativos. Os comentários negativos foram: cinco para orientação preparatória, três para o tempo na simulação, três para forma de simulação, um para velocidade de conexão e cinco para dificuldades na simulação. Tema difícil ou complexo foi citado em 14 comentários. Após estes resultados foi modificado: a orientação preparatória, a forma de participação discente, dois níveis de simulação, a redução na poluição visual e melhora da ajuda no simulador, o tempo da simulação foi dependente da participação dos alunos.

**CONCLUSÃO:** O ganho cognitivo imediato obtido pelos alunos após uso do simulador, não presume retenção cognitiva, mas valor potencial no ensino de VM. As críticas dos alunos desencadearam mudanças na didática e no simulador.



Palavras-chave: *software*; simulador interativo; ventilação mecânica.



## APÊNDICE G – SUBPRODUTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: ARTIGO

## Software educacional: simulador de ventilação mecânica e seus efeitos hemodinâmicos

*Educational software: mechanical ventilation simulator and its hemodynamic effects*

Moyses de Campos Junior<sup>1</sup>  [mcjunior@puccsp.br](mailto:mcjunior@puccsp.br)  
 Suzana Guimarães Moraes<sup>1</sup>  [sgmoraes@puccsp.br](mailto:sgmoraes@puccsp.br)

### RESUMO

**Introdução:** O manejo adequado da ventilação mecânica (VM) é considerado de alta complexidade, e o uso de um simulador permite a aquisição de habilidades em ambiente seguro.

**Objetivo:** O presente trabalho desenvolveu um software que simula o manejo da VM e sua interação cardiopulmonar.

**Método:** Na elaboração do software, utilizou-se a Web Hypertext Markup Language (HTML) versão 5. Um engenheiro de software avaliou a qualidade técnica do simulador, e o conteúdo foi avaliado por especialistas da área, com o uso de instrumento de percepção com escala de Likert de concordância de cinco pontos.

**Resultado:** O simulador desenvolvido disponibilizou referências teóricas, escolha de situações clínicas, alteração de parâmetros de ventilação, monitorização de mecânica ventilatória e hemodinâmica, gasometria arterial e animações. A qualidade foi aprovada pelo engenheiro de software. Na avaliação do conteúdo por especialistas, a média geral dos pontos de Likert (L) e concordância (Co) para as assertivas foram: para "disponível para aluno on-line" (L = 4,29 e Co = 85,7%), para "disponível para aluno extraclasse" (L = 4,856 e Co = 100%), para "estimular o raciocínio" (L = 5 e Co = 100%), para "excesso de conteúdo" (L = 3,14 e Co = 28,6%) e para "fácil de usar" (L = 3,43 e Co = 71,4%). O índice de validade do conteúdo médio foi igual a 0,86. Corrigiram-se os erros encontrados pelos especialistas. A concordância para disponibilidade do simulador para aluno exigiu melhora da ajuda nos parâmetros de ventilação, nas condutas não VM, dois níveis de dificuldade e diminuição da poluição visual.

**Conclusão:** Os especialistas consideraram esse simulador como uma ferramenta facilitadora para o ensino da interação cardiopulmonar na VM.

**Palavras-chave:** Software; Simulador Interativo; Ventilação Mecânica; Monitorização Hemodinâmica.

### ABSTRACT

**Introduction:** The appropriate management of mechanical ventilation (MV) is considered of high complexity, and the use of a simulator allows students to acquire these abilities in a safe environment.

**Objective:** The study developed an educational software that simulates MV management and its cardiopulmonary interaction.

**Method:** The software was developed with Web Hypertext Markup Language version 5 (HTML5). Software engineers evaluated the technical quality and experts assessed the content using a perception tool with a five-point Likert scale of agreement.

**Result:** The developed simulator offered theoretical references, a choice of clinical condition, adjustable ventilation settings, monitoring of ventilatory and hemodynamic mechanicals, arterial gasometry, and animations. Its quality was approved by a software engineer. In the expert content evaluation, the following Likert (L) and agreement (A) average scores for the statements were found: for "available online for students" (L=4.29 and A=85.7%), for "available to students outside the class" (L=4.856 and A=100%), for "stimulates reasoning" (L=5 and A=100%), for "excess content" (L=3.14 and A=28.6%) and for "user friendly" (L=3.43 and A=71.4%). The average content validity index was 0.86. The errors found by the experts were corrected. Agreement in relation to availability of the simulator for students required improved help in the ventilation settings, in non-MV actions, two levels of difficulty, and less visual pollution.

**Conclusion:** Experts considered this simulator a facilitating tool for teaching cardiopulmonary interaction on mechanical ventilation.

**Keywords:** Software; Simulation Training; Mechanical Ventilation; Hemodynamic Monitoring.

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Sorocaba, São Paulo, Brasil.

Editora-chefe: Rosiane Viana Zuza Diniz.

Editor associado: Antonio da Silva Menezes Junior.

Recebido em 08/09/21; Aceito em 24/10/21.

Avaliado pelo processo de double blind review.