

## REANIMADOR PULMONAR AUTOMATIZADO COM ESTRUTURA FEITA POR PROTOTIPAGEM 3D

Sthéfane Carollayne Barbosa Felix<sup>1</sup>

Ana Cristina Mauricio Ferreira<sup>2</sup>

Wagner Barbosa da Costa<sup>3</sup>

Aluna do CST em Sistemas Biomédicos; sthefane.felix@fatec.sp.gov.br<sup>1</sup>

Docente Fatec Bauru; ana.ferreira22@fatec.sp.gov.br<sup>2</sup>

Docente Fatec Bauru; wangner.costa2@fatec.sp.gov.br<sup>3</sup>

**Área do Conhecimento:** Ciência da Saúde – Desenvolvimento de produto

**Palavras-chave:** Reanimador pulmonar; Coronavírus; Automatizado.

### INTRODUÇÃO

Como medida descrita no protocolo de reanimação durante parada respiratória indica-se o uso de Ambu para ventilação pulmonar no paciente, o processo é conhecido como reanimação mecânica manual, desse modo o conjunto utilizado “Bolsa (Ambu), Válvula, Máscara”, é chamado de reanimador mecânico pulmonar. A utilização desse equipamento médico expõe médicos e/ou enfermeiros que o manipulam. Dado que, vários microrganismos estabelecem alto índice de transmissão, o único meio de prevenção ao contágio, fica dependente do regime de uso dos EPIs e higienização. No protocolo inicial da Patologia gerada pelo vírus Covid19, com a ventilação não-invasiva e havendo ocorrência SDRA - Síndrome de Desconforto Respiratório Agudo - é orientada a não utilização de Ambu, devido à propensão de aerossolização.

A ventilação pulmonar mecânica se faz necessária quando o paciente não se encontra em condições de promover o processo ventilatório por si mesmo. Nestes casos os VP podem dar um suporte parcial ou total ao paciente. O ventilador aplica uma pressão “positiva” (supra-atmosférica) que gera um gradiente entre a abertura das vias aéreas e os alvéolos, resultando em um fluxo “positivo” (dirigido do ventilador ao paciente) (MASIERO, HUANCACHOQUE, SANTOS, 2015). Pode ser utilizada de forma não invasiva por meio de uma interface externa, geralmente uma máscara facial, e de forma invasiva por meio de um tubo endotraqueal, nasofacial ou cânula de traqueostomia.

O reanimador manual auto-inflável é também conhecido como bolsa auto-inflável, ventilador manual, hiperinsuflador e dispositivo bolsa-válvula. É utilizado para fornecer ventilação com pressão positiva a pacientes com necessidade de suporte ventilatório, sendo o principal dispositivo para ventilação durante a reanimação cardiopulmonar. Também fornece oxigênio aos pacientes, substitui temporariamente a ventilação mecânica, ventila pacientes durante o transporte intra e extra-hospitalar e é utilizado na fisioterapia respiratória (OLIVEIRA et al, 2011).

Segundo a Associação de Medicina Intensiva – AMIB, em caso de necessidade de utilização de ambu, recomenda-se o uso com reservatório, impedindo a dispersão de aerossóis, além de sistema de aspiração fechado e filtro HEPA, HMEF ou HME com especificação de filtragem de vírus acoplado. Em pacientes sem indicação de ventilação mecânica, recomenda-se a administração de oxigênio por cateter nasal ou máscara o mais fechada possível. Recomenda-se a checagem dos filtros expiratórios dos ventiladores mecânicos. Alguns ventiladores microprocessados têm filtros expiratórios N99 ou N100, com grande poder de filtragem dos aerossóis; no entanto, a maioria não dispõe desta tecnologia. Checar os filtros expiratórios em uso, e caso não sejam adequados ou até vencidos, substituí-los por um filtro HEPA, HMEF ou HME (algumas marcas filtram vírus também) - que filtram bactérias e vírus. Recomenda-se considerar que o HME ou HMEF têm indicação de troca a cada 24 horas e o HEPA a cada 48 horas.

### OBJETIVOS

O objetivo deste projeto foi o desenvolvimento de um protótipo automatizado de um suporte ventilatório temporário parcial, com a inserção de um filtro de ar com a finalidade de conter a aerossolização gerada durante o procedimento de reanimação respiratória, direcionado a pacientes vítimas da escassez de ventiladores pulmonares completos nos hospitais, em consequência da pandemia causada pelo novo coronavírus.

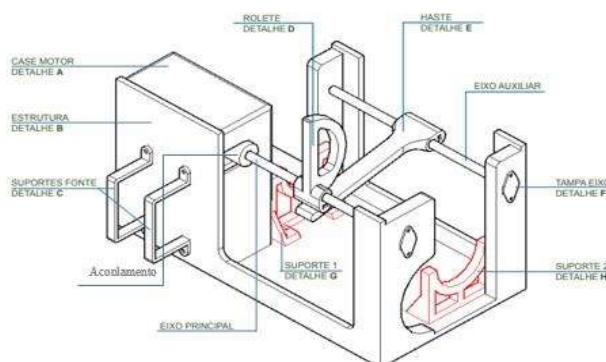
## METODOLOGIA

Foi desenvolvida uma modelagem estrutural do protótipo a partir do *software* de *Computer Aided Design* (CAD). As peças foram impressas em impressora 3D FDM (*fused deposition molding*) e demais componentes adquiridos no mercado nacional. Os materiais foram selecionados, buscando acessibilidade financeira e de fácil localização no mercado comercial nacional. A utilização da impressão 3D, proporcionou maior facilidade em se obter as peças estruturais para a montagem do protótipo. Para impressão das peças foi utilizado os polímeros PLA (Poli Ácido Láctico) e o ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno). Esta tecnologia permite fabricar componentes (protótipos, modelos etc.) físicos em três dimensões (3D), com informações obtidas diretamente do modelo geométrico gerado no sistema CAD de forma rápida, automatizada e totalmente flexível (AHRENS et al., 2007). O processo inicia com o modelo 3D da peça no CAD sendo fatiado eletronicamente, obtendo-se curvas de nível 2D que definirão, em cada camada, onde existe ou não material a ser adicionado. Estas camadas serão então processadas sequencialmente, gerando-se a peça física através do seu empilhamento e aderência, da base ao topo do modelo (AHRENS et al., 2007). As peças estruturais foram impressas em uma impressora 3D modelo Graber I3 localizada no Laboratório de Microscopia Óptica da Fatec Bauru. O circuito eletrônico foi montado utilizando um protoboard, um Arduino UNO R3, um microcontrolador Driver A4988, jumpers, cooler, um capacitor de 10  $\mu$ F e um capacitor de 100 $\mu$ F. Para o circuito respiratório do reanimador foram utilizados um conjunto de reanimador pulmonar, uma traqueia e um filtro HEPA. Para aplicar a força mecânica para pressionar a bolsa de ar do reanimador pulmonar foi empregado um motor de passo NEMA 23 de 24 KGF. Os parâmetros de entrada como o PPR (passos por revolução) podem ser definidos e controlados via software a partir da programação armazenado no Arduino 3 conectado a um monitor por cabo USB e alimentado por uma fonte de 12 V.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia aplicada, obteve-se como resultado a montagem do protótipo de um reanimador automatizado. Conforme ilustrado na Figura 1, o funcionamento estrutural do protótipo consiste na rotação do rolete (detalhe D) encaixado ao eixo principal acoplado ao motor que é acionado através do *software* de programação que está armazenado no Arduino. O Rolete aplica uma força na Haste (detalhe E) acoplada ao eixo auxiliar, que pressiona o Ambu. Ao fim da passagem do Rolete pela Haste permite por um período a auto insuflação do Ambu, processo que ocorre naturalmente no sistema do produto. A quantidade de ciclos pode ser estipulada através do programa, assim como a velocidade que pode ser selecionada através da determinação do PPR do motor.

Figura 1 – Composição Estrutural



Fonte: Autoral

A Figura 2 mostra, a vista frontal do protótipo finalizado obtido, a partir da modelagem e seus com os elementos constituintes.

Figura 2 – Vista frontal do protótipo finalizado



Fonte: Autoral

O filtro utilizado no protótipo foi o Air-Guard Clear que é um filtro hidrofóbico com membrana pregueada, concebido para proteger aparelhos de concentração de oxigênio e outros equipamentos respiratórios. Este filtro HEPA é aprovado para ser utilizado até sete dias. Esses filtros respiratórios fornecem uma barreira eficaz contra a passagem do Coronavírus (COVID-19) nos sistemas respiratórios. O filtro pode ser acoplado diretamente na válvula de saída, antecedente a máscara ou também, utilizando a traqueia próximo a válvula de saída do Ambu ou antecedente a máscara ao fim da traqueia. Pode-se acrescentar outros filtros como HMEF e HME.

## CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que é possível a construção de um protótipo de um reanimador pulmonar automatizado, utilizando um motor de passo NEMA 23, visto que durante pesquisa de similares, houve predileção por outros meios mecânicos como uso de engrenagens, atuadores industriais ou motores DC. Verificou-se como forma de auxílio para aquisição, o baixo custo da produção, sendo que o custo do protótipo finalizado foi de R\$ 819,00 (oitocentos e dezenove reais). De acordo com consultas no mercado o custo de equipamentos de suporte de ventilação pulmonar está acima de três mil reais. Também foi verificado a possibilidade de acoplar um filtro de ar ao circuito de saída do Ambu para contenção da aerossolização gerada, visto que a aplicação do uso foi normatizada, após o início do presente estudo, até mesmo, nos ventiladores pulmonares empregados nos pacientes vítimas da Covid19. Como sugestões de trabalhos futuros para o aprimoramento o protótipo é o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso substituindo as ligações eletrônicas e a inclusão de um display para seleção e visualização dos parâmetros de entrada para o funcionamento do dispositivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, C. H. et al. Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

MASIERO, A.; HUANCACHOQUE, L.; SANTOS, R. **Ventilador pulmonar instrumentação biomédica IA478-A**. Slide. Unicamp, Faculdade de engenharia elétrica e computação. 2015. Disponível em: <http://www.fee.unicamp.br/dsif/artigosem-revistas-e-jornais>. Acesso em: 15 Mar.2020.

OLIVEIRA, P.M.N.de. et al. Fatores que afetam a ventilação com o reanimador manual autoinflável: uma revisão sistemática. **Revista Paulista de Pediatria**.vol.29, n.4, PP.645-655, 2011. ISSN 0103-0582.Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-05822011000400027&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-05822011000400027&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 24 Mar.2020.

### AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) ao apoio na concessão da bolsa de iniciação científica (processo 146218/2020-5).

Ao Rafael Balan Diman, auxiliar docente da Fatec Bauru, pela contribuição técnica científico durante o processo de montagem do protótipo.