

ENGENHARIA MECÂNICA E SUA PARTICIPAÇÃO EFETIVA CONTRA O VÍRUS COVID-19 NA APLICAÇÃO DOS VENTILADORES MECÂNICOS PULMONARES

Denis Bruno Ferreira Chaves

denis.Chaves11@gmail.com

Douglas Ribeiro Pinto

douglasribeiro.dr@hotmail.com

Rodrigo Reis Mendes

rodrigo.mendes@outlook.com.br

Luciene Vanessa Maia da Rocha Judice
Engenharia Mecânica

Resumo: Este trabalho conta com uma natureza de pesquisa qualitativa descritiva que busca compreender e interpretar as características do ventilador mecânico pulmonar e sua colaboração no contexto da pandemia da COVID-19, a utilização de equipamentos que dão suporte respiratório, as pessoas com estado grave e que dependem do mesmo se fez necessária e a utilização de tais equipamentos se faz uma alternativa altamente viável para os pacientes com insuficiência respiratória, tornando uma máquina de suma importância e visivelmente requisitada no cenário atual. Concluindo que o ventilador mecânico é primordial para que os sintomas respiratórios graves associados ao Covid sejam menos prejudiciais.

Palavras-chaves - (Ventilador Pulmonar; Engenharia; COVID-19).

1.Introdução

Ao longo de todo o contexto ao qual todos estão inseridos, frente às demandas apresentadas pelo coronavírus (SARs-COV-2), a utilização de equipamentos que dão suporte respiratório, a pessoas com estado grave e que dependem do mesmo se fez necessário e a utilização de tais equipamentos se faz uma alternativa, altamente viável para os doentes. Desde os primeiros sinais de agravamento da doença, que se iniciou em dezembro de 2019, na cidade de Wuhan, na China, os ventiladores ou respiradores mecânicos são amplamente utilizados (CRESTO, 2021).

O primeiro caso confirmado de COVID-19 no Brasil ocorreu em 26 de fevereiro de 2020. Desde então, o número de novos casos e óbitos causados por COVID-19 aumentou de uma forma rápida e significativa no país. Aproximadamente 20% dos pacientes com COVID-19 requerem hospitalização, principalmente devido à dificuldade respiratória. Destes, cerca de 15% requerem cuidados em unidade de terapia intensiva (UTI). UTI é onde existem recursos para suportar disfunções orgânicas, principalmente onde há insuficiência respiratória, ventilador mecânico, também conhecido como ventilador pulmonar (SUZUMURA, E. A. et al. 2020).

Em virtude de tamanho poder de transmissão, a doença tomou contornos mundiais muito rapidamente e fez com que as fronteiras dos países se fechassem, pois, o vírus ataca vias aéreas superiores de forma inicial, impactando de maneira direta no seu alto poder de replicação e contaminação. Agências de saúde, a nível mundial relatam que aproximadamente de todos os pacientes que se contaminam com COVID-19, a grande maioria apresenta sintomatologia leve e a minoria dos pacientes apresentam estes de forma grave, fazendo com que eles necessitem de tratamento intra-hospitalar, e na grande maioria dos casos, estes pacientes precisam de suporte respiratório invasivo, que ocorrem com o auxílio dos respiradores mecânicos (CRESTO, 2021).

Para que a ventilação mecânica ocorra de maneira efetiva é necessário que critérios fisiológicos sejam respeitados e que a hipoxemia seja corrigida por estes aparelhos, que devem ser ciclados de acordo com a necessidade de cada pessoa hospitalizada, pois, sabe-se que muitas pessoas sofrem barotraumas em virtude do excesso de oxigenação pulmonar, outro fator de suma importância, é a febre, pois, se este fator não for respeitado o efeito da ventilação mecânica ao paciente passa a ser prejudicial (CRESTO, 2021).

A ventilação mecânica ou não invasiva se tornou amplamente utilizada como uma ferramenta de auxílio que ajuda os pacientes da Covid a serem melhores atendidos em virtude de suas demandas. Para que o processo de ventilação ocorra de forma positiva, o circuito de inspiração deve ser realizado de maneira fechada, promovendo a umidificação passiva, via filtro HME, conjuntamente com o filtro de barreira na válvula exalatória, que é conhecido como HEPA. A pressão do balonete que é insuflado, imediatamente após a intubação, deve variar entre 25 e 32 cm H₂O, fazendo com que a dinâmica respiratória seja devidamente preservada, a gasometria arterial de pulso deve ser realizada em um prazo máximo de uma hora após a inserção do tubo (CAMPOS; COSTA, 2020).

Sabe-se que a pandemia trouxe diversos contornos a demanda hospitalar, entretanto, sem sombra de dúvida a que mais sofreu modificação foi referente a utilização dos ventiladores mecânicos, pois, o aparelho é responsável pelo suporte avançado de vida, em conjunto com as demais técnicas realizadas em ambiente de assistência avançada à saúde. Portanto, o estudo, justifica-se pela necessidade de

compreender não somente a doença, haja vista, que ela depende do mesmo, mas como funciona a montagem do presente aparelho e como é realizada a sua utilização.

O objetivo geral do estudo é compreender como é a aplicação do ventilador mecânico, frente a necessidade da sua utilização em decorrência da Covid-19. Como objetivos específicos tem se conhecer a dinâmica da doença, compreender o que é o ventilador mecânico, qual a sua montagem e como o aparelho deve ser utilizado.

2. Referencial Teórico

2.1 O COVID

Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) tomou conhecimento de vários casos de pneumonia em Wuhan, província de Hubei, República Popular da China. É uma nova cepa (tipo) de coronavírus que nunca foi encontrada em humanos antes (Histórico da pandemia de COVID-19 - OPAS / OMS, 2021).

Uma semana depois, em 7 de janeiro de 2020, as autoridades chinesas confirmaram que haviam descoberto um novo tipo de coronavírus. Eles são a segunda causa de resfriado comum (depois do rinovírus) e, até as últimas décadas, raramente causam doenças humanas mais graves do que o resfriado comum. Um total de sete coronavírus humanos (HCoV) foram identificados: HCoV-229E, HCoV-OC43, HCoV-NL63, HCoV-HKU1, SARS-COV (causando síndrome respiratória aguda grave), MERS-COV (causando síndrome respiratória Oriente Médio) e o novo coronavírus mais recente, inicialmente denominado temporariamente 2019-nCoV e renomeado SARS-CoV-2 em 11 de fevereiro de 2020. Este novo tipo de coronavírus é o responsável pela doença COVID-19. Conforme ilustrado na Figura 1 pode-se analisar os números de casos relatados de Covid-19 em países em todo o mundo a partir da confirmação das autoridades chinesas. (Histórico da pandemia de COVID-19 - OPAS / OMS, 2021).

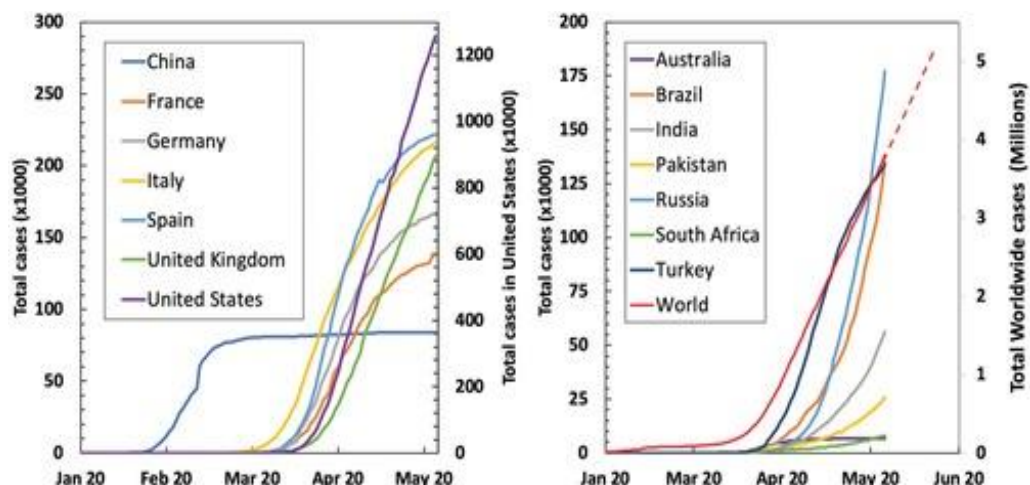


Figura 1: Número de casos relatados de Covid-19 em países em todo o mundo (**Fonte:** Christou, Adamos; Ntagios, Markellos; Hart, Andrew, Dahiya, Ravinder. GlasVent - O Ventilador de Emergência Rapidly Deployable. Wiley Online Library, 06 de setembro de 2020. Acesso em: 08 de dez. de 2021).

A OMS tem trabalhado com autoridades chinesas e especialistas globais desde o dia em que ouviu o briefing para aprender mais sobre o vírus, como ele afeta os pacientes, como tratá-lo e quais medidas os países podem tomar para responder (Histórico da pandemia de COVID-19 - OPAS / OMS, 2021).

A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) vem prestando apoio técnico aos países das Américas, recomendando que o sistema de vigilância esteja vigilante e preparado para detectar, isolar e cuidar precocemente das pessoas infectadas pelo novo coronavírus (Histórico da pandemia de COVID-19 - OPAS / OMS, 2021).

Em contexto, não é recomendado em pacientes de Covid-19 o uso da ventilação não invasiva ou de oxigenoterapia nasal de alto fluxo. Na administração da ventilação mecânica invasiva com segurança, tem-se que o circuito fechado para aspiração de via aérea, a umidificação passiva (filtro HME), o filtro de barreira na válvula exalatória (HEPA), os inaladores pressurizados dosimetrados com adaptador para administração de broncodilatadores, a pressão do balonete do tubo traqueal entre 25 e 32 cm H₂O - unidade de medida de pressão, se atentando a zerar os vazamentos. Também se atentar entre o período de 30 minutos e uma hora para colher gasometria, fazer a radiografia do tórax após a intubação orotraqueal e medir o índice de oxigenação (CRESTO, 2021).

Na circunstância pandêmica do coronavírus (SARs-COV-2), o conceito das máquinas de ventilação mecânica, conhecido como respirador ou ventilador

mecânico, para os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs) evidenciou o tema. No mês de dezembro de 2019 aconteceram os primeiros cenários do COVID-19 ocasionados pelo vírus (SARs-COV-2) em Wuhan, na China (CAMPOS; COSTA, 2020). A força da doença espalhou rapidamente em vários continentes onde se caracterizou uma epidemia pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (NORONHA et al., 2020). Dentre o levantamento da OMS, 80% dos afetados com o vírus mostram sintomas leves, 15% apresentam sintomas mais graves onde necessitam de hospitalização com oxigenoterapia, os 5% restantes precisam de atendimento na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), favorável para quadros de insuficiência respiratória (NORONHA et al., 2020; ROBERTO et al., 2020).

A respiração tem como objetivo prover oxigênio aos tecidos e remover o dióxido de carbono, isto é, realizar o transporte de oxigênio do ar atmosférico até as células do corpo e, em sentido contrário, transporte de dióxido de carbono das células para fora do corpo (CRESTO, 2021). Nesse sentido, o sistema respiratório é capaz de desempenhar duas fases deste processo: ventilação mecânica, ou seja, a movimentação do ar entre a atmosfera e o alvéolo; e a difusão do oxigênio e dióxido de carbono entre o ar alveolar e o sangue (CRESTO, 2021).

O ar entra no sistema respiratório pelas cavidades do nariz ou boca, passa pela faringe, laringe e traqueia até atingir os brônquios. Os brônquios se subdividem nos bronquíolos que se estendem até os alvéolos, estruturas que ocorrem as trocas gasosas com o sangue. O sistema de condução gasosa consiste entre a traqueia e os bronquíolos terminais, enquanto a zona respiratória, que é onde ocorre as trocas gasosas, é constituída pelos bronquíolos respiratórios, os ductos e sacos alveolares (CRESTO, 2021).

Durante a inspiração, a contração do diafragma puxa as superfícies inferiores do pulmão para baixo, criando uma pressão negativa no tórax e promovendo a entrada do ar atmosférico. Enquanto que durante a expiração, o diafragma relaxa e a retração elástica dos pulmões, da parede torácica e das estruturas abdominais comprime os pulmões, cria uma pressão positiva e expelle o ar (CRESTO, 2021).

Portanto, deve se compreender que a *Coronavírus Disease* 2019 (COVID-19), é conhecido por ser uma infecção que se instala em vias aéreas principalmente superior, e o quadro da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (SARS-CoV-2), traz

inúmeros males aos pacientes que estão afetados pela doença. Os primeiros delineamentos da doença tiveram origem ao findar do ano de 2019, sendo de forma inicial uma pneumonia que se agrava de forma rápida e levava os infectados ao óbito em poucas horas ou dias, após a contaminação (DE CARVALHO, DA SILVA, OLIVEIRA, 2020).

De Souza Cruz e Da Rosa (2021) vem relatar, que os primeiros casos atendidos são do Mercado Atacadista de Frutos do Mar de Wuhan, por ser uma contaminação de muitas pessoas foi considerada uma epidemia, mas no dia 11 de março de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS), vem decretar pandemia mundial por um vírus, até então totalmente desconhecido e sem recurso terapêutico imediato para tratamento da doença e processo de adoecimento (SCHUELTER-TREVISOL, et al., 2020).

A partir do momento que a doença começa de fato ser percebida pelos mais diversos profissionais, ela começa a ser descrita mais letal em pessoas com processo de adoecimento crônico, que estão acima de seu peso ideal. Em contrapartida, notou-se que pessoas que têm o hábito de praticar algum tipo de esporte de forma regular os agravos do adoecimento são menores (SCHUELTER-TREVISOL, 2020).

É notório que a atividade física dentro das academias, traz múltiplos e inúmeros benefícios à saúde do indivíduo, pois, por meio dela o sistema imunológico sofre processos de mudanças aos quais conseguem combater processos de adoecimento de forma mais eficaz. Pesquisas guiadas por Diniz e colaboradores (2020) mostraram que as práticas de atividade física, dentro das academias promovem uma maior proliferação de mecanismos defensivos do organismo humanos (Diniz, et al., 2020).

Células linfocitárias como natural killer, proteínas de fase aguda, enzimas, linfócitos T e B e imunoglobulinas estavam mais presentes em pacientes que contraíram o Covid-19 e desta maneira o organismo correspondeu de forma melhor ao processo de adoecimento e ainda dentro desta dinâmica notou se que os sintomas foram mais brandos e menos lesivos quando se compara a pacientes que são sedentários e não possuem nenhum tipo de comorbidade (PITANGA, BECK, PITANGA, 2020).

Ao se saber de todas estas questões iniciais, presentes e inerentes ao processo da doença e findado todas as questões que fizeram com que o mundo vivesse em um

período de lockdown as academias foram sendo abertas de forma gradativa e desta maneira as pessoas começaram a poder voltar a praticar atividade física de forma regular, mesmo mantendo toda as questões de distanciamento social, que deve ser de no mínimo dois metros de distância e os cuidados que envolve a passagem de álcool na mão devem ocorrer a todo momento (BEZERRA, et al., 2020).

É necessário ainda fazer um recorte na linha do tempo para se entender a magnitude da pandemia, e o que levou a academia ao seu fechamento, mesmo sendo um ambiente que por essência vende saúde. A academia era vista no começo da pandemia como um ambiente que iria favorecer o processo de adoecimento, já que supostamente as pessoas iriam se aglomerar neste ambiente e as ações preventivas, para se evitar o contágio, seria o fechamento desta por meio do decreto presidencial nº 10.344, assinado em 11 de maio de 2020. E na teoria os ambientes de saúde não seriam sobrecarregados pelas demandas de saúde existentes naquele momento (SAMPAIO, DIAS, DE FREITAS, 2020).

Diante de todos os processos, o fechamento desses estabelecimentos que são um dos ambientes de saúde, mas eficaz atualmente para combate do processo de adoecimento e em virtude das questões que se associam ao momento de prevenir, desta forma a procura por estes estabelecimentos cresceu em torno de 500% de acordo com Bezerra et al, (2020), fazendo com que os profissionais presentes nestes estabelecimentos tivessem que aderir a práticas a fim de se modificar as atividades que viessem contribuir para o contágio.

2.2 VENTILAÇÃO MECÂNICA PULMONAR

Com a ajuda de aparelhos, a ventilação mecânica insufla as vias respiratórias com volumes de ar, este movimento de ar para os pulmões ocorre através da geração de diferenças de pressão entre as vias aéreas superiores e o alvéolo (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CARVALHO; TOUFEN JUNIOR; FRANCA, 2007). Buscando um objetivo, alguns parâmetros podem indicar a necessidade do suporte ventilatório, assim aplicando o uso da ventilação mecânica. (CARVALHO; TOUFEN JUNIOR; FRANCA, 2007). Resumidamente, a ventilação mecânica aplica um método ventilatório capaz de ventilar e oxigenar adequadamente o paciente, assegurando a necessidade apropriada de oxigênio aos órgãos vitais,

remoção do dióxido de carbono, diminuir a toxicidade do oxigênio e limitar as pressões trans alveolares de 25 a 30cm H₂O, o que normalmente corresponde a pressões platô de 30-35 cm H₂O. (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CALIL; ET AL, 2002; URIBE, 2011).

O ventilador mecânico como demonstrado na Figura 2 é um equipamento projetado para dar o suporte ventilatório pulmonar artificial parcial ou completo ao paciente que tem dificuldade respiratória devido a doenças, defeitos congênitos, coma, anestesia, dentre outros. Também tem a finalidade de permitir o descanso dos músculos respiratórios até que o paciente esteja apto a reassumir a ventilação espontânea (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CALIL; ET AL, 2002; URIBE, 2011).



Figura 2: Ventilador pulmonar (Fonte: VENTILADOR PULMONAR MECÂNICO PNEUMÁTICO - VLP-4000P VENT-LOGOS. Stramedical shop, 20 de jun. de 2021).

Nos dois casos, o gás desloca para dentro dos pulmões fazendo que os mesmos e a caixa torácica se expandam em virtude das suas elasticidades, assim denominado de respiração ou ventilação (URIBE, 2011). Este movimento de respiração ocorre através de uma variação de pressão entre as vias aéreas superiores e o pulmão, podendo ser realizado por um equipamento que diminua a pressão no pulmão (ventilação por pressão negativa) ou que aumente a pressão da via aérea proximal (ventilação por pressão positiva) (CARVALHO; TOUFEN JUNIOR; FRANCA, 2007).

Assim, diferente da respiração espontânea, o ventilador mecânico usa de pressão positiva para forçar o ar para dentro dos pulmões durante a inspiração. Os objetivos fisiológicos tem a se manter ou modificar as trocas gasosas, intervindo na ventilação alveolar (hiperventilação ou hipoventilação de maneira controlada), porém utiliza-se esta ferramenta para normalizar a ventilação alveolar, manter valores aceitáveis de oxigenação arterial, aumentar o volume pulmonar, aperfeiçoar a capacidade residual funcional e diminuir trabalho respiratório. Já os objetivos clínicos são focados na reversão da hipoxemia com aumento da ventilação alveolar e do volume pulmonar, permitir sedação, anestesia ou uso de bloqueadores neuromusculares, dentre outros e reversão da acidose respiratória aguda e a fadiga da musculatura respiratória (CRESTO, 2021).

2.3 VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA

Os suportes ventilatórios são classificados em dois grupos: a ventilação mecânica invasiva e não invasiva, em ambas as situações a ajuda com a ventilação artificial acontece aplicando uma força nas vias aéreas. Sendo assim as duas situações apresentam uma diferença na aplicação da pressão: nas ventilações invasivas usa-se próteses adentradas nas vias aéreas (chamado tubo oro ou nasotraqueal ou cânula de traqueostomia), já na ventilação não invasiva usa-se máscara como ligação entre o respirador e o paciente. Conforme ilustrado na Figura 4, na qual pode-se analisar o esquema de ventilação mecânica não invasiva (a) e invasiva (b) realizado no paciente de forma adequada (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CARVALHO; TOUFEN JUNIOR; FRANCA, 2007).

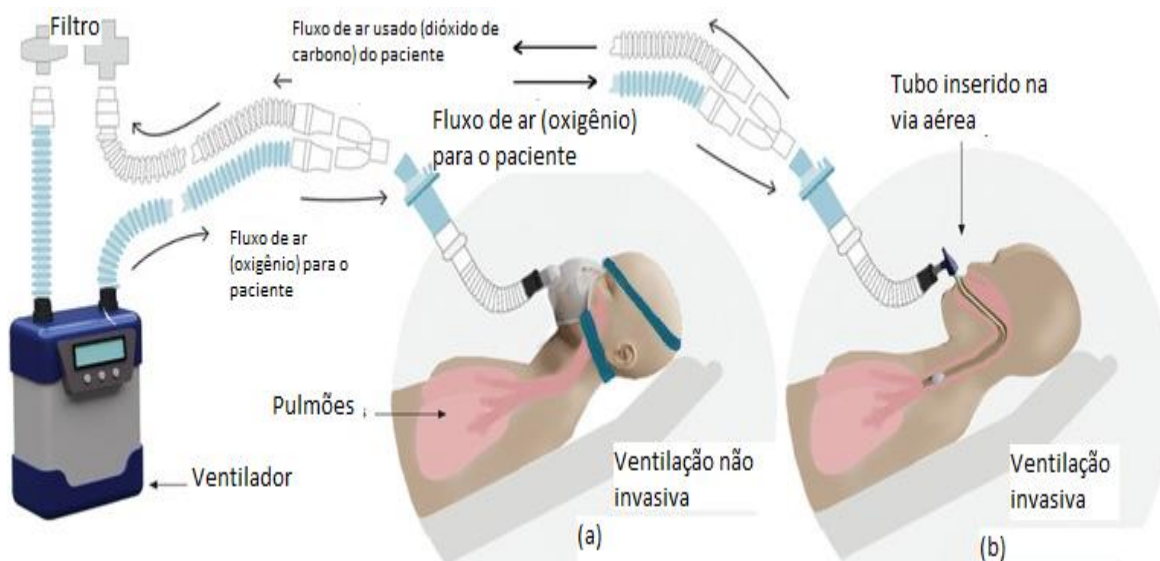


Figura 3: Esquema ventilação mecânica não invasiva (a) e invasiva (b). (Fonte Ventiladores e Respiradores Mecânicos. Ministério da Economia, 2021. Acesso em: 08 de dez. de 2021).

Os sistemas de controle variam de acordo com o equipamento, mas constituem o cérebro do equipamento, sendo programados pelo profissional e dirige o funcionamento do ventilador (CALDERON ROMERO, 2006). Os equipamentos modernos contam ainda com conjunto de sensores e interface para computador, para monitoramento e controle de diversos parâmetros, além do envio, armazenamento, análise de medidas, alarmes e dados sobre os procedimentos e evolução do paciente na qual tem-se os componentes de ventilação da máquina demonstrado na Tabela 1 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CRESTO, 2021).

Tabela 1: Componentes do equipamento de ventilação.

Componente	Descrição	Imagem
Válvulas reguladoras de pressão	Elementos que fazem a correta regulação de pressão na entrada do ventilador e dos gases entregues ao paciente.	
Misturadores	Elementos acoplados à entrada de ar dos ventiladores de	

	modo a misturarem adequadamente os diferentes gases nas concentrações desejadas. Geralmente possuem entradas para ar comprimido, oxigênio e nitrogênio. A fração de oxigênio inspirado pode ser ajustada para evitar hipoxemia ou hipoxia.	
Filtro	Utilizados para assegurar a qualidade do ar. Possuem o objetivo de evitar contaminação bacteriológica e reter partículas ou aerossóis eventuais.	
Nebulizadores	Administração de drogas pela via respiratória e na forma de aerossol.	
Umidificadores	Acoplados à saída dos ventiladores de maneira a adicionar vapor d'água ao gás inspirado pelo paciente. São de extrema necessidade, pois a ventilação de pacientes por período prolongado, com ar comprimido ou gases de cilindro em salas com ar-condicionado, gera secreções brônquicas e alveolares mais secas que o normal, podendo afetar a	

	resistência das vias aéreas ao fluxo gasoso.	
Válvula de exalação ou respiratória	O circuito do paciente possui uma válvula que permite que o gás exalado seja descarregado na atmosfera ou em outro circuito fechado. Quando o ar é fornecido ao paciente, a pressão positiva é necessária para forçar os pulmões a inspirar o ar, portanto, as vias aéreas para a expiração devem ser fechadas. Portanto, a válvula tem a função de fechar o circuito de saída ao inspirar e abrir o circuito de saída ao expirar.	
Alarmes	Eles nunca devem permanecer desativados, pois são usados para monitorar problemas que podem ocorrer durante o funcionamento do dispositivo, como apnéias ou pressão muito alta ou muito baixa. Portanto, além do circuito paciente composto por tubulação, intubação, máscara, válvula expiratória, controle e alarme, o ventilador mecânico também possui sistema de válvula reguladora de pressão, misturador, filtro, umidificador e aquecedor.	

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CALDERON ROMERO, 2006; CALIL; ET AL, 2002).

E Na Figura 4, pode-se ver um diagrama com os componentes básicos informados na Tabela 1, assim mostrando sistematicamente como é o ventilador mecânico (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CALIL, et al., 2002; MAKHAMID, 2017).

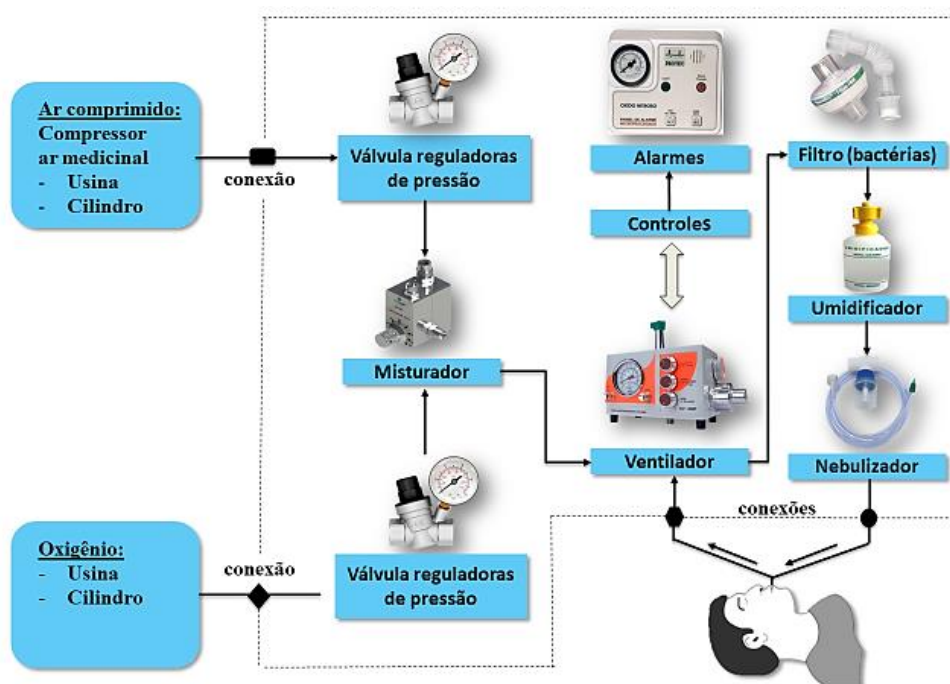


Figura 4: Diagrama de um ventilador pulmonar básico (**Fonte:** Abordagem de Vigilância Sanitária de Produtos para Saúde Comercializados no Brasil: Ventilador Pulmonar.)

A alimentação dos ventiladores mecânicos acontece por rede elétrica ou baterias internas com uma duração pequena para locomoção dos pacientes, e uma bateria externa para casos esporádicos de quedas de energia da rede elétrica, cada máquina tem um sistema de controle variado, mas em geral são todos similares com funções iguais, mudando a programação pelo profissional que opera a máquina, nas máquinas mais sofisticadas possuem interfaces e displays para melhor entendimento e monitoramento do paciente, além do enviar, armazenar e analisar uma série de medidas e parâmetros com a ajuda de alarmes e dados sobre os procedimentos e evolução do paciente (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; CALIL; ET AL, 2002).

Nesse contexto, pode-se analisar que os ventiladores são classificados de várias formas de acordo com o tipo de ventilação mecânica, ambiente de sua utilização e aplicação (CALDERON ROMERO, 2006; CARVALHO; TOUFEN JUNIOR;

FRANCA, 2007).

E as classificações mais utilizadas são:

●**Ventilação por pressão negativa:** No processo de inalação, o dispositivo aplica pressão subatmosférica à cavidade torácica do paciente para expandi-la e criar um gradiente de pressão negativa, movendo assim o ar para os alvéolos. Ao mesmo tempo, no processo de expiração, a pressão ao redor do tórax tende à pressão atmosférica, fazendo com que a cavidade torácica se contraia e o ar seja expelido dos alvéolos (Cresto,2021).

●**Ventilação por pressão positiva:** Uma pressão positiva acima da pressão atmosférica é gerada e aplicada às vias aéreas superiores do paciente. Portanto, o gradiente de pressão necessário para o movimento do ar para os pulmões é estabelecido (Cresto, 2021).

2.4 VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA

A ventilação mecânica não invasiva (VNI) com pressão positiva como tratamento é considerada o grande avanço das últimas décadas. Por ser um tipo de suporte ventilatório parcial, e estar sujeito a interrupções, deve ser direcionada a pacientes selecionados. A cooperação do paciente é um fator importante para obter sucesso neste tratamento, essa técnica não deve ser utilizada naqueles que se encontram totalmente dependentes da ventilação mecânica (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008).

Os ventiladores específicos para VNI têm como característica principal a presença de um circuito único, por onde ocorrem tanto a inspiração como a expiração. Um orifício localizado na porção distal deste circuito é obrigatório para minimizar a reinalação de dióxido de carbono CO₂ durante a inspiração apneia, a insuficiência respiratória decorrente da doença pulmonar intrínseca e a hipoxemia, falência mecânica do aparelho respiratório, prevenção de complicações respiratórias e redução do trabalho muscular respiratório (CALIL; et al, 2002).

Nesse procedimento se pode oferecer um suporte ventilatório ao paciente através de uma interface sem que necessite de procedimentos invasivos como IOT, reduzindo gastos e complicações associadas. Esse método oferece algumas vantagens como decréscimo do trabalho respiratório, melhoria da ventilação alveolar

e padrão respiratório (CALIL; et al, 2002). Na teoria todo ventilador pode ser utilizado para aplicação de VNI, entretanto se deve ter em vista que seu desempenho não seja lesado pela presença de vazamentos. Contudo existem ventiladores específicos para VNI, caracterizado por um circuito único que realiza os ciclos inspiratórios e expiratórios. É imperativo que na área distal desse circuito haja um orifício, para minorar a reinalação do CO₂ (SCHETTINO, et. Al. 2003)

Através desse orifício há um escape de ar constante, auxiliando na eliminação do CO₂ expirado. Os ventiladores específicos para VNI são projetados para desempenhar sua função na presença de vazamentos. A boa sincronia, a complacência a vazamentos e os custos reduzidos são os principais prós para a aquisição desses ventiladores. (VITACCA et. Al. 2015). Um dos pontos mais importantes na VNI é a escolha da interface adequada para cada paciente. Há inúmeras interfaces disponíveis atualmente: máscaras nasais, faciais (oronasais), facial total, capacetes, peças bucais e almofadas nasais (CALDERON ROMERO, 2006).

Em situações agudas é preferível a utilização das máscaras faciais, mas assim como as máscaras faciais totais e o capacete, estas são por muitas vezes mal toleradas, por criar sensação claustrofóbica e suscitam maiores riscos de aspiração de vômitos. Na ventilação domiciliar as máscaras nasais são preferíveis por todas suas comodidades como comunicação e a alimentação oral, quando há escape de ar pela boca pode-se utilizar apoio no mento (parte inferior do rosto), contornando assim a problemática (CALDERON ROMERO, 2006).

O CPAP é um recurso terapêutico caracterizado por provocar uma pressão positiva nas vias aéreas exclusivamente da VNI, colaborando para restauração capacidade e volumes pulmonares e acrescer a oxigenação tecidual. Por via de um circuito pressurizado e um ventilador o paciente respira espontaneamente. Após ajustada a pressão positiva é mantida constante praticamente em todo ciclo respiratório, facilitando e auxiliando o restabelecimento da capacidade respiratória. (SOUZA et. Al. 2016). A ventilação por BIPAP se assemelha muito ao CPAP, por se tratar de um recurso de VNI que utilizam pressão positiva, entretanto o grande diferencial é que em BIPAP há dois níveis de pressão positiva, a pressão mais elevada ocorre durante a inspiração e uma redução dessa pressão durante a expiração (PARK

et. Al. 2001).

Não existe evidência que recomendem a utilização da máscara oronasal, ao invés da nasal para pacientes com insuficiência respiratória aguda. Assim, as máscaras que possuem um orifício de exalação podem diminuir a reinalação de CO₂, tudo isso se comparado ao uso de orifícios de exalação no circuito de ventiladores de VNI, capacetes e as alternativas (CAMPOS; COSTA, 2020).

Os capacetes eliminam o contato da interface com a face do paciente evitando possíveis complicações da VNI. Além do paciente poder falar, comer ou beber utilizando o VNI, também ocorre a diminuição de intubações, normalmente utilizado em pacientes intubados, e o mesmo fornece suporte respiratório sem intubação, diminuindo a possibilidade de ocorrer infecções hospitalares como pneumonia e a sinusite (CALIL; et al, 2002).

As prongas nasais, dispositivo que fornece ventilação, quando utilizadas, causam escoriações ao redor do nariz e quando mal colocadas podem ocorrer vazamentos de ar ao redor da boca, causando irritações nos olhos e ventilação insuficiente, além de causar ressecamentos nasais devido ao intenso fluxo de ar, ocasionando secreções espessas. A ventilação com pressão positiva pode ocasionar barotrauma e síndrome de escape de ar (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008).

Para melhores resultados, o uso da VNI requer conhecimentos específicos a fim de ser eficaz, observando antes o tamanho correto da pronga ou da máscara e o posicionamento correto para evitar extensividade ou extensão. Nas contraindicações a utilização da VNI está a instabilidade cardiopulmonar grave, episódios apneicos intratáveis, anormalidades faciais ou das vias aéreas congênitas e a incapacidade de proteger uma via aérea (SPADARI; GARDENGHI, 2020). A VNI também não pode ser usada em pacientes com cirurgia recente do trato gastrointestinal superior e com traumas ou queimaduras faciais (CALIL; et al, 2002).

2.5 DESCARTE DOS RESÍDUOS DO VENTILADOR MECÂNICO

Segundo Prado Filho (2018), menos de 3% dos equipamentos eletroeletrônicos, que é o caso do ventilador mecânico, é reciclado considerando uma geração anual de mais de 1,4 milhões de toneladas no Brasil, sendo que 140 mil

toneladas, representados por 10% desse montante, são equipamentos de informática e de telecomunicações. Para viabilizar a coleta da maioria desses itens descartados, utiliza-se da aplicação da logística reversa.

A logística reversa já existe em sua prática especificamente para alguns produtos, como são os casos do pneu, do óleo lubrificante, das embalagens de agrotóxicos, das pilhas e das baterias (CETESB, 2018), que, há mais de dez anos, já possuem um sistema consolidado do retorno desses produtos pós-consumo ao setor produtivo ou a tratamentos ambientalmente adequados (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008).

Além do mais, ela tem como objetivo quatro principais pontos, o melhoramento físico da gestão dos resíduos, fazendo com que o número de resíduos seja crescente com adequadas coletas e destinações. Outro ponto é a transferência da responsabilidade de gestão do município ao setor privado, principalmente no quesito financeiro. Além de fazer com que a eficiência no uso de recursos naturais aumente com a atribuição de índices de reuso, reciclagem e recuperação de materiais e, por fim, o incentivo à melhoria ambiental, fomentando a ideia de ecodesign, estabelecendo projetos de produtos e embalagens com foco no ciclo de vida do produto (SANCHES, 2018).

Após a implementação da Lei Federal nº 12.305/2010 Política Nacional de Resíduos Sólidos e a respectiva regulamentação por meio do Decreto Federal nº 7.404/2010, há no âmbito estadual a Resolução Estadual e duas Decisões de Diretoria que permeiam e auxiliam no processo de implementação da logística reversa (BRASIL, 2015).

Em 2015 houve a publicação da Resolução nº 45 de 23/06/2015 que definiu as diretrizes para implementação e operacionalização de responsabilidade pós consumo no Estado de São Paulo, e estabelecendo inclusive a relação dos produtos e embalagens comercializados no estado sujeito à logística reversa que apresentam grande impacto ambiental pós-consumo, dentre estes, os produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2015).

Na esfera nacional, o acordo setorial de eletroeletrônicos para efetivar o sistema de logística reversa ainda não foi implantado. O acordo é firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a fim de

designar responsabilidades pelo ciclo de vida produtivo. Em 2011 o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) coordenou um Grupo de Trabalho Temático (GTT) que objetivou estruturar procedimentos visando à efetivação da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (Ministério do Meio Ambiente, 2018).

Em 2013, publicou-se um edital de chamamento proveniente do Estudo de Viabilidade Técnica Econômica (EVTE) e mesmo diante de várias propostas de acordo, ainda não se firmou nenhum acordo (FAGUNDES, 2017). No final de outubro de 2018, foi entregue por meio da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) uma nova proposta ao governo para o acordo setorial de logística reversa de eletroeletrônicos e que se encontra sob avaliação atualmente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2018).

É notório que, sob os aspectos legais, pode-se identificar o avanço da implantação do sistema de logística reversa ao longo desses anos desde a implementação da Lei 12.305/2010. Entretanto para a atuação da logística reversa ainda são enfrentadas dificuldades e desvantagens na situação da infraestrutura do país (SANCHES, 2018).

A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos abrange a etapa do recebimento e de transporte desde o consumidor até as unidades de reciclagem ou tratamento e disposição final. Ela conecta todas as regiões do Brasil, porém enfrenta condições adversas devido às extensas dimensões territoriais, à escassa infraestrutura em locais mais distantes dos grandes centros, à ausência de alternativas modais, além das disparidades entre regiões no que tange a tributação e custos de operação (SANCHES, 2018).

Para se construir um sistema de logística reversa voltado aos equipamentos pós consumo de eletroeletrônicos há também algumas particularidades que devem ser levadas em conta, principalmente no comportamento do consumidor. Exemplo disso é com os equipamentos de grande porte, só haverá adesão para descarte de uma geladeira usada caso, no mesmo instante, tenha uma nova a ser instalada. Outro exemplo pode ser citado através dos computadores, telefones e tablets, pois muitas vezes o produto dessa categoria não é descartado devido à questão de confiabilidade no tratamento pós-consumo dos dados ali gravados (SANCHES, 2018).

Uma vez questionado a respeito da proteção à privacidade desses dados, certamente o consumidor optará por guardá-lo e postergar o respectivo descarte. Ou seja, diferentes portes e tipos de equipamentos eletroeletrônicos, atribuem-se tratativas diferenciadas nos sistemas de descarte (SANCHES, 2018).

3. Metodologia

Este trabalho conta com uma natureza de pesquisa qualitativa descritiva que busca compreender e interpretar as características do ventilador mecânico pulmonar e assim evidenciar a sua colaboração no contexto da pandemia da COVID-19, ressaltando a importância da abordagem de estudos no campo da engenharia mecânica no cenário atual.

Para que este estudo se qualifique de maneira eficaz, o trabalho foi estruturado a partir de estudos e levantamentos bibliográficos, onde foram analisados artigos e pesquisas que compreendem sobre o tema. As buscas foram realizadas em algumas fontes e bases de dados como, por exemplo, Medley, Scielo e Lilacs.

A revisão sistemática da literatura é um dos tipos de revisão da literatura que tem como objetivo resumir toda a informação existente sobre um fenômeno de maneira imparcial e completa. Em contraste com o processo não sistemático, a revisão sistemática é feita de maneira formal e meticulosa (GODOY, 2015).

Isso significa que essa metodologia deve seguir o plano definido no protocolo da revisão que, dentre outras coisas, estabelece uma sequência bem definida de passos. Devido a essa meticulosidade, uma das vantagens da revisão sistemática da literatura é permitir que outros pesquisadores façam futuras atualizações da revisão, caso sigam o mesmo conjunto de passos estabelecidos no protocolo (OLIVEIRA, 2020).

4. Resultados e Discussão

Após a compreensão das complexidades do COVID-19 e um dos modelos mais utilizados no combate do problema respiratório que o mesmo causa, com a ajuda dos respiradores mecânicos 20% dos pacientes infectados pelo vírus utilizam o aparelho para a recuperação dos pulmões afetados ou debilitados. O que também afirma o estudo de Campos et al 2020 sobre comorbidades temporárias e permanentes

representam uma demanda crescente dos serviços de saúde para o acompanhamento desses pacientes, seja no nível da atenção primária ou média de complexidade.

Dentro deste 20%, 75% dos mesmos, necessitam dos respiradores apenas para auxílio na respiração, enquanto os outros 25% precisam ser atendidos em Unidade de Terapia Intensiva (UTI). Estes números se tornam gigantes se colocar em vista os números de países/pessoas afetadas por este vírus, assim as grandes demandas pelos aparelhos impulsionaram uma busca no mercado por novos, melhores, e mais modernos aparelhos de ventilação pulmonar. O que corrobora com o estudo de Suzumura et al, 2020, que diz sobre os desafios para desenvolvimento e agilidade de testes para inserir equipamentos novos no mercado.

Ao utilizar a respiração mecânica, duas formas principais são cogitadas aos pacientes, uma delas a invasiva, onde se trata do respirador com tubos que são apropriados nas vias aéreas dos pacientes e tem-se a não invasiva, que o respirador contém uma máscara que transmite o ar.

O ventilador mecânico pulmonar responsável por auxiliar a entrada e a saída de ar nos pulmões em indivíduos que apresentam o quadro de insuficiência respiratória para facilitar a respiração, tornou-se um equipamento de grande importância e amplamente requisitado após o início da pandemia. Deste modo, através de componentes mecânicos e elétricos para o perfeito funcionamento do aparelho, confirma-se a participação e importância da Engenharia Mecânica no combate aos efeitos do COVID-19.

Como resultados do método determinado para a produção deste trabalho, foram selecionados 4 artigos (BARBAS et al, 2013; NORONHA, 2020; SCHWONKE, 2014; TOUFEN JUNIOR, 2007) e dentre os parâmetros recorridos para produção, consistiram nos objetivos dos estudos congruentes a temática “ventilador mecânico”, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Artigos identificados.

Autores	Título	Objetivo
----------------	---------------	-----------------

Barbas CS, et al.2013	Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I	Oferecer aos associados um documento orientador das melhores práticas da ventilação mecânica na beira do leito, baseado nas evidências existentes, sobre os 29 subtemas selecionados como mais relevantes no assunto.
NORONHA, 2020	Pandemia por COVID-19 no Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação assistida segundo diferentes cenários	Analisar a pressão sobre o sistema de saúde no Brasil decorrente da demanda adicional gerada pela COVID-19
SCHWONKE, 2014	Ambiente e Ventilação Mecânica: Uma reflexão possível	Discutir a influência dos fatores ambientais ao doente crítico em ventilação mecânica (VM) abordando os aspectos essenciais ao cuidado de enfermagem a esse indivíduo.
CARVALHO e TOUFEN JUNIOR, 2007)	Ventilador Mecânico	Fornecer a lista dos ventiladores mecânicos para UTI comercializados no Brasil

Fonte: (BARBAS et al, 2013; NORONHA, 2020; SCHWONKE, 2014; TOUFEN JUNIOR, 2007).

5. Conclusão

O tema abordado se remete a um dos principais métodos usados para diminuir os efeitos do vírus Covid-19 que afetou o mundo ao longo de 2020 e persiste pelo ano de 2021. Efeito este que se refere às complicações que afetam o pulmão dos enfermos, causando uma insuficiência respiratória, que por meio dos ventiladores pulmonares traz uma nova chance ao paciente de continuar com as funções básicas de respiração.

Como mencionado, este dispositivo dá a possibilidade da troca de gases que servem para manutenção dos tecidos dos pulmões, além de retirar a pressão no mesmo por meio da expiração, assim funcionando como o próprio órgão do paciente. Incansavelmente usado durante a pandemia, mas não menos importante para pessoas que já sofrem algum tipo de insuficiência respiratória, este dispositivo teve notoriedade pela alta eficiência em sua função, possibilitando a recuperação de pacientes com alto grau de debilitação por conta do vírus.

Pela alta demanda pelo aparelho ao longo da pandemia, várias instituições privadas e públicas uniram forças para trazer novidades e principalmente reduzir os custos do aparelho, a fim de tornar o mesmo mais eficiente e mais presente nos hospitais que agiram na linha de frente do combate ao vírus Covid-19. Esta busca caiu diretamente a junção de várias áreas onde cada doou uma parcela importante para tais melhorias, com destaque neste a Engenharia Mecânica, que buscou materiais com menores custos, mas não menos eficientes e inovações nas formas de manejar e utilizar os ventiladores pulmonares.

Durante esta adversidade que assolou o mundo, ficou explícito a importância do estudo das mais variadas áreas, que juntos enfrentaram de forma rápida e eficiente problemas que seriam bem maiores sem tais propósitos.

6. Referências Bibliográficas

BARBAS, C. S. V. et al. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013.

CAMPOS, N. G.; COSTA, R. F. DA. Alterações pulmonares causadas pelo novo Coronavírus (COVID-19) e o uso da ventilação mecânica invasiva. *Journal of Health & Biological Sciences*, v. 8, n. 1, p. 1, 2020.

CARVALHO, C. R. R. DE; TOUFEN JUNIOR, C.; FRANCA, S. A. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 33, n. suppl 2, p. 54–70, jul. 20 HALL, J. E. Tratado de fisiologia médica. 12. ed. Rio de Janeiro, Brazil: Elsevier, 2011.

Christou, Adamos; Ntagios, Markellos; Hart, Andrew, Dahiya, Ravinder. GlasVent - O Ventilador de Emergência Rapidly Deployable. Wiley Online Library, 06 de setembro

de 2020. Disponível em: <
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/gch2.202000046>>. Acesso em: 08 de
dez. de 2021.

CRESTO, ANA CAROLINA TORRES. **VENTILADORES MECÂNICOS NO CONTEXTO DA PANDEMIA DA COVID-19: CARACTERÍSTICAS E REGULAMENTAÇÃO**. Orientador: Fernando Pasquini Santos. 2021. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia, 2021.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, Rio de Janeiro, v. 35, n.3, p. 20-29. mai./jun. 2015.

HAMILTON MEDICAL. HAMILTON-C1 Minimum size for maximum performance, 2020.

Histórico da pandemia de COVID-19. OPAS / OMS, 2020. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>>. Acesso em: 24 nov. 2021.

HOLANDA, M. A. Pandemia por COVID-19 e ventilação mecânica: enfrentando o presente, desenhando o futuro. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 46, n. 4, p. 19–21, 2020.

MARTINS, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.30, n.2, p. 287-298, maio/ago. 2016.

MELO, A. S.; MURTA, R.; ALMEIDA, S. DE. A mecânica da ventilação mecânica. *Revista Médica de Minas Gerais*, v. 24, n. Supl 8, p. 43–48, 2014.

NORONHA, K. V. M. DE S. et al. Pandemia por COVID-19 no Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação assistida segundo diferentes cenários. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 36, n. 6, p. 1–17, 2020.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em administração. 2011. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização)- Faculdade de Administração, Universidade Federal de Goiás, 2020.

PEREIRA, M. L. **Modelagem e Controle Preciso do Tempo de Inspiração de um Ventilador Pulmonar do tipo Ambu Automatizado**. Orientador: Marcio Luiz Magri Kimpara. 2021. 19 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA, Campo Grande, 2021.

PHAM, T.; BROCHARD, L. J.; SLUTSKY, A. S. Mechanical Ventilation: State of the Art. Mayo Clinic Proceedings, v. 92, n. 9, p. 1382–1400, 2017 ROBERTO, G. A. et al. Ventilação mecânica em pacientes portadores de COVID-19. Revista Ulakes, v. 1, p. 142–150, 2020.

SCHWONKE, C. R. G. B.; FILHO, W. D. L.; SILVA, J. R. DE S. Ambiente e Ventilação Mecânica: uma reflexão possível. Enfermeria Global, v. 1, n. 35, p. 263–271, 2014.

SANCHES, B. B. DESAFIOS DA RECICLAGEM DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA LOGÍSTICA REVERSA. Orientador: Drº Flávio de Miranda Ribeiro. 2018. 67 f. TCC (Especialização) - Curso de Conformidade Ambiental, CETESB, São Paulo, 2018.

SPADARI, J. A. A.; GARDENGHI, G. Aspectos fisiopatológicos do COVID-19 e uso de ventilação não invasiva. É possível? Revista Pesquisa em Fisioterapia, v. 10, n. 3, p. 372–375, 4 ago. 2020.

SUZUMURA, E. A. et al. Challenges for the development of alternative low-cost ventilators during COVID-19 pandemic in Brazil. **Revista brasileira de terapia intensiva**, v. 32, n. 3, p. 444–457, 2020.

TOUFEN JUNIOR, C.; CARVALHO, C. R. R. DE. Ventiladores mecânicos. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 33, n. Supl 2, p. 71–91, 2007.

VENTILADOR PULMONAR MECÂNICO PNEUMÁTICO - VLP-4000P VENT-LOGOS. Stramedical shop, 20 de jun. de 2021. Disponível em: <<https://www.stramedicalshop.com.br/ventilador-pulmonar-mecanico-pneumatico-vlp-4000p-vent-logos>>. Acesso em: 20 de nov. de 2021.

Ventiladores e Respiradores Mecânicos. Ministério da Economia, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tecnologias-para-covid-19/Respirador>>. Acesso em: 08 de dez. de 2021.