

PANDEMIA DA COVID-19: PROSPECÇÃO BIBLIOMÉTRICA E PATENTÁRIA DE VENTILADORES MECÂNICOS ALTERNATIVOS DE BAIXO CUSTO

COVID-19 PANDEMIC: BIBLIOMETRIC AND PATENTARY PROSPECTION OF LOW-COST ALTERNATIVE MECHANICAL VENTILATORS

PANDEMIA COVID-19: PROSPECCIÓN BIBLIOMÉTRICA Y PATENTARIA DE VENTILADORES MECÁNICOS ALTERNATIVOS DE BAJO COSTO

Daiane Schultz-Macedo
IFBA
daianeschultz@gmail.com

Grazielle Lomanto Bastos
IFBA/PROFNIT
gai_lb@hotmail.com

Angela Maria Ferreira Lima
angela.lima@gmail.com



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License
This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License
Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Creative Commons Attribution License

RESUMO

O estudo tem por objetivo realizar uma prospecção bibliométrica e patentária de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo relacionados a doenças respiratórias como forma de enfrentamento à covid-19. Trata-se de uma pesquisa descritiva exploratória com abordagem quali-quantitativa, utilizando como técnicas de tratamento das informações as prospecções bibliométrica e patentária. As bases de dados utilizadas para o levantamento dos artigos foram *Web of Science* e *Scopus* e para o mapeamento de patentes o *Orbit Intelligence* e o Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Ao todo foram analisados 15 artigos, sendo todos de código aberto, e 83 patentes. O país que mais publica artigos são os Estados Unidos, com 5, e a China a maior detentora de patentes, com 63. O Brasil apresenta-se com duas publicações de artigos, fruto de cooperações entre universidades, e cinco proteções de patentes. Pode-se concluir que nos últimos 5 anos houve um engajamento entre os países para o desenvolvimento de ventiladores alternativos de baixo custo e o aumento no desenvolvimento de pesquisas, por meio de artigos científicos, visando o rompimento de paradigmas em busca de novas tecnologias.

Palavras-chave: Covid-19; Ventiladores mecânicos; Baixo custo.

ABSTRACT

The study aims to conduct a bibliometric and patent search for low-cost alternative mechanical ventilators related to respiratory diseases as a way of coping with covid-19. This is an exploratory descriptive research with a qualitative and quantitative approach, using bibliometric and patent prospecting techniques for processing information. The databases used to survey the articles were Web of Science and Scopus and for the mapping of patents the Orbit Intelligence and the National Institute of Industrial Property. In all, 15 articles were analyzed, all of which were open source, and 83 patents. The country that publishes the most articles is the United States, with 5, and China the largest patent holder, with 63. Brazil presents itself with two publications of articles, the result of cooperation between universities, and five patent protections. It can be concluded in the last 5 years an engagement between countries for the development of low cost alternative ventilators and the increase in the development of research, through scientific articles, aiming at breaking paradigms in search of new technologies.

Keywords: Covid-19; Mechanical ventilators; Low-cost.

RESUMEN

El estudio tiene como objetivo realizar una búsqueda bibliométrica y de patentes de ventiladores mecánicos alternativos de bajo costo relacionados con enfermedades respiratorias como forma de afrontar el covid-19. Se trata de una investigación descriptiva exploratoria con enfoque cualitativo y cuantitativo, utilizando técnicas bibliométricas y de prospección de patentes para el procesamiento de la información. Las bases de datos utilizadas para relevar los artículos fueron Web of Science y Scopus y para el mapeo de patentes Orbit Intelligence y el Instituto Nacional de Propiedad Industrial. En total, se analizaron 15 artículos, todos de código abierto, y 83 patentes. El país que publica más artículos es Estados Unidos, con 5, y China, el mayor titular de patentes, con 63. Brasil se presenta con dos publicaciones de artículos, resultado de la cooperación entre universidades, y cinco protecciones de patentes. Se puede concluir en los últimos 5 años un compromiso entre países para el desarrollo de ventiladores alternativos de bajo costo y el incremento en el desarrollo de la investigación, a través de artículos científicos, con el objetivo de romper paradigmas en la búsqueda de nuevas tecnologías.

Palabras-clave: Covid-19; Ventiladores mecánicos; Bajo costo.

INTRODUÇÃO

A doença denominada covid-19, provocada pelo Coronavírus, denominado SARS-CoV-2, teve seu primeiro relato em *Wuhan*, na China, em dezembro de 2019. O impacto do seu contágio e disseminação pelo mundo chamou bastante atenção e o número de casos confirmados rapidamente evoluiu

para uma pandemia, decretada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 11 de março de 2020 (GALVAN *et al.*, 2020).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, até 12 de março de 2021, mundialmente a doença atingiu a marca de 118.268.575 casos confirmados, incluindo 2.624.677 mortes. A Região das Américas representa o epicentro da pandemia totalizando mais de 52 milhões de casos confirmados, sendo que o Brasil, a Colômbia, a Argentina, o México e o Peru estão entre os representantes da América Latina com maior número de registros da doença, tipificando mais 19 milhões de casos. O Brasil é o país com mais de 11 milhões de casos confirmados e 270.656 óbitos, ocupando o terceiro lugar no mundo em registro de números de casos, atrás apenas dos Estados Unidos e da Índia, e em segundo lugar em números de óbitos, atrás somente dos Estados Unidos (WHO, 2021).

A covid-19 tem sido considerada bastante perigosa principalmente em virtude de suas repercussões deletérias ao organismo humano, evidenciando uma taxa de mortalidade na ordem de 5% em todo o mundo. Um número substancial de indivíduos (19%), ao serem contaminados pela doença, pode desenvolver Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS) evoluindo com lesão pulmonar tendo, assim, a necessidade de ser admitido em Unidade de Terapia Intensiva (UTI) para receberem suporte ventilatório (GE *et al.*, 2020), o que tem provado uma sobrecarga na infraestrutura hospitalar (PEARCE, 2020).

Os ventiladores mecânicos são um exemplo de tecnologias para o tratamento de pacientes acometidos pela covid-19 e têm sido utilizados para dar suporte à respiração de pacientes afetados pelos sintomas mais graves, sendo considerado um dos parâmetros cruciais para a redução dos casos de morte (FIORINESCHI; FRILLICI; ROTINI, 2020). No entanto, a combinação da gravidade das infecções provadas pela covid-19 e a falta de acesso a algumas dessas tecnologias se tornou o cerne do problema.

Segundo Santos (2020) existem no Brasil um total de 65 mil ventiladores, onde o SUS dispõe de 45 mil, mas mesmo assim não é suficiente. Ressalta ainda que para o enfrentamento da fase crítica da pandemia seriam necessários mais 20 mil respiradores pulmonares.

Nesse contexto, a conjugação do fornecimento limitado de ventiladores mecânicos e o aumento de pacientes acometidos pela SARS, provocada pelo novo Coronavírus, ocasionaram a escassez desses equipamentos gerando uma pressão marcante no sistema global de saúde. Médicos e engenheiros confrontados com as questões éticas de triagem de pacientes se debruçaram por criar alternativas de ventilação de baixo custo (ZUCKERBERG *et al.*, 2020).

Em face desse cenário, considerando o avanço do surto pandêmico do novo Coronavírus e à necessidade premente por disponibilidade de ventiladores mecânicos, este estudo tem por objetivo realizar uma prospecção bibliométrica e patentária de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo relacionados a doenças respiratórias como forma de enfrentamento à covid-19.

Dessa forma, o estudo em questão apresenta, inicialmente, a introdução com a apresentação da justificativa, do problema e do objetivo; em seguida, o referencial teórico com a contextualização do tema; na sequência, os procedimentos metodológicos, detalhando as prospecções de artigos e patentes; logo após, os resultados e discussões das análises das prospecções; e, por fim, as conclusões.

REFERENCIAL TEÓRICO

A ventilação mecânica é um dos recursos de maior importância dentro de uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI) (TORRES; CANHISARES; QUINTÃO, 2020; DAMASCENO *et al.*, 2006). O seu surgimento teve início no ano de 1952, com a grande epidemia da poliomielite que assolou Copenhague, capital da Dinamarca. Em virtude das repercussões clínicas que acarretava a paralisia dos músculos respiratórios milhares de pessoas vieram a óbito em decorrência da falta de equipamentos que pudessem substituir a ventilação pulmonar. Foi neste contexto que o anestesista, Bjorn Ibsen, criou e testou pela primeira vez a ventilação invasiva, em substituição ao, até então conhecido, pulmão de aço, criado pelo professor Philip Drinker em 1928 (MAGNAMED, 2020).

Para Barbas *et al.* (2014), Carvalho, Toufen Junior e Franca (2007), a ventilação mecânica pode ser definida como um suporte a respiração de pacientes que estejam com quadro clínico de insuficiência respiratória aguda ou crônica agudizada e tem por objetivo a manutenção das trocas gasosas em níveis fisiológicos desejados. São classificadas em dois grandes grupos, a ventilação mecânica invasiva e não invasiva, sendo que na primeira o equipamento é conectado através de tubo endotraqueal ou traqueostomia e na segunda o paciente é conectado ao equipamento por meio de máscaras.

No estudo sobre prospecção patentária de ventiladores mecânicos para o enfrentamento à covid-19, realizado por Silva *et al.* (2020) ficou evidenciado um crescimento no número de patentes nos últimos 10 anos. Observa-se, contudo, que a alta complexidade de fabricação, advinda dos avanços tecnológicos no campo da terapia intensiva, esbarra na dificuldade na entrega imediata destes equipamentos (SUZUMURA *et al.*, 2020).

Um ponto considerado relevante para a gestão dos recursos públicos, principalmente na área hospitalar, é a eficiência da atuação dos gestores públicos que pode repercutir no planejamento para a aquisição de novos equipamentos, incluindo ventiladores mecânicos, ou a substituição dos que já existem. Os resultados apresentados na pesquisa realizada por Aroeira, Vilela e Ferreira (2020) demonstraram que a eficiência da equipe médica dos hospitais públicos dos municípios brasileiros em tempos da pandemia do novo coronavírus, quando comparada com a eficiência dos gestores destes mesmos hospitais, foi superior. Este dado mostra-se relevante, pois engloba um conjunto de ações voltadas para a gestão de insumos em ambiente hospitalar, priorizando, assim, um maior número de internações, fato este relevante em tempos de pandemia.

Diante de todo o contexto da pandemia da covid-19, percebe-se que a crise enfrentada na saúde estimulou um olhar voltado para o desenvolvimento de tecnologias alternativas cuja finalidade está centrada em trazer soluções rápidas e eficientes para solucionar os problemas enfrentados, colocando em evidência a criação de ventiladores novos ou diferentes com o uso de poucos recursos podendo remeter, assim, ao conceito de inovação frugal (KOERICH; CANCELLIER, 2019).

Assim como na pandemia da poliomielite, a pandemia da covid-19 testou a espécie humana em várias dimensões, o que ocasionou oportunidades para o desenvolvimento de novas tecnologias, como a criação de ventilação mecânica. Segundo Koerich e Cancellier (2019), a capacidade de criar inovações frugais geralmente está associada a economias emergentes, que não dispõem de tantos recursos financeiros para investir em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), mas há evidências de que esse fenômeno, também, vem sendo praticado em nações industrializadas.

No estudo realizado por Majid *et al.* (2020), os autores explicam que os ventiladores mecânicos apropriados para dar assistência respiratória aos pacientes diagnosticados com covid-19 são muito complexos, têm um alto desempenho e fornecem uma resposta sincrônica avançada, o que ajuda a adaptar às necessidades fisiológicas do pulmão. Todavia, são dispositivos que possuem peças bastante complicadas, tornando-os caros e demorados para fabricar em grandes quantidades. Para os mesmos autores, o mundo encontra-se numa corrida frenética para desenvolver um sistema de ventilação acessível.

Dadas as condições explicitadas da importância das discussões com relação à sobrecarga hospitalar originada de pacientes acometidos pelo vírus SARS-CoV-2 e o desafio mundial existente quanto à fabricação de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo, de maneira a oferecer equipamentos fáceis de produzir e que tenham rápida implementação, a realização de um mapeamento desses equipamentos é válida para conhecer o comportamento das produções de tais tecnologias no mundo. Para Tian *et al.* (2020), a escassez desses dispositivos para o tratamento de doenças respiratórias, como da covid-19, afetou tanto os países desenvolvidos quanto os em desenvolvimento.

Portanto, a presente investigação tem como relevância apresentar para as indústrias, para os inventores e para os pesquisadores um rastreamento de competências tecnológicas sobre ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo. Informações sobre o estado da arte de ventiladores mecânicos que utilizam métodos e processos simples de produção tem o propósito de estimular a criação de novos inventos para atender a demandas imprevisíveis, sendo este um dos resultados esperados dos estudos de prospecção.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva exploratória com abordagem quali-quantitativa. A escolha desse tipo de estudo se deu pela possibilidade de obtenção de maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e alcançando um “aprimoramento de ideias” por meio do levantamento das características de um fenômeno (GIL, 2002, p. 41-42).

Com vistas a atingir ao objetivo proposto, no estudo em questão, foram escolhidas como técnicas de tratamento para aplicação das informações as prospecções bibliométrica e patentária. Segundo Antunes *et al.* (2018, p. 60-61), a primeira consiste em avaliar vários artigos publicados com a finalidade de identificar “o perfil de esforços de uma determinada tecnologia emergente”, e a segunda identifica as “tendências tecnológicas”.

Assim, o trabalho foi realizado por meio de diferentes etapas. Inicialmente, a fim de melhor familiarização com o tema, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para análise dos principais artigos que estão sendo publicados sobre a temática covid-19 e ventiladores mecânicos, considerando os artigos publicados no ano de 2020. Essa etapa ajudou a nortear os próximos passos da pesquisa como a delimitação do tema proposto, a identificação das melhores palavras-chave e a escolha das bases de dados que trouxesse um maior número de artigos publicados.

Dessa maneira, a pesquisa seguiu as seguintes etapas: definição das bases de dados a serem utilizadas; definição das estratégias de buscas nas bases de dados; identificação dos artigos e das patentes que condissessem com o desenvolvimento de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo para suporte ventilatório pulmonar; exportação dos artigos e das patentes para planilhas eletrônicas; e, por fim, a eliminação dos artigos e das patentes duplicados.

As bases de dados utilizadas para o levantamento dos artigos foram *Web of Science* e *Scopus*, acessadas no dia 14 de dezembro de 2020, com filtro apenas para artigos científicos, pois esses conseguem trazer mais aprofundamento dos assuntos abordados, além de possuírem uma avaliação minuciosa.

Na base *Web of Science*, coleção principal, utilizou-se a pesquisa avançada com o emprego das seguintes palavras-chave: covid-19 *AND mechanical ventilators*. Em seguida, para delimitar o objeto da pesquisa, foram escolhidos os seguintes termos: covid-19 *AND low-cost AND ventilator*, selecionando o tipo de documento na modalidade artigo (*articles*).

Na base *Scopus*, no campo pesquisa avançada, foram utilizados os mesmos termos da busca anterior: covid-19 *AND mechanical ventilators*. Depois, refinou-se para covid-19 *AND low-cost ventilator*. Em seguida, refinou-se somente para os documentos denominados ‘artigo’ (*articles*).

Nas buscas por patentes para o mapeamento tecnológico, utilizaram-se as bases de dados da *Orbit Intelligence* e do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), todas realizadas no dia 04 de janeiro de 2021.

A plataforma *Orbit Intelligence*, produzido pela *Questel Orbit4*, VI.9.8, possui uma base de dados com mais de 58 milhões de famílias de patentes e mais de 107 milhões de publicações individuais, com a vantagem da exportação dos dados obtidos (PROFNIT, 2020). A cobertura geográfica do sistema compreende publicações de centenas de países englobando várias autoridades de patentes, incluindo o INPI. É importante salientar que a alta rotatividade de solicitações de depósito de patentes no *Orbit Intelligence*, com atualizações semanais, pode influenciar na quantidade dos resultados de buscas, mesmo seguindo a estratégia proposta nessa pesquisa.

Na pesquisa na base *Orbit Intelligence* tomou-se como estratégia de busca os termos *low-cost e ventilator*. Para melhorar o refinamento da pesquisa, empregaram-se os operadores booleanos (*AND*) disponibilizados e permitidos pela plataforma. Seguindo esse raciocínio, optou-se pela pesquisa avançada (*advanced search*) utilizando os campos de buscas por título, resumo, reivindicações, descrições e objeto de invenção (*title, abstract, claims, description e object of invention*), e a inserção da Classificação Internacional de Patentes (IPC) e Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) que originou a seguinte expressão: (*ventilator AND low-cost*) *AND* A61M-16/00 (dispositivos para influenciar o sistema

respiratório de pacientes por meio de tratamento com gases). E como estratégia para recuperar as patentes mais recentes optou por refinar para o período de 2016 a 2020.

A base de dados do INPI é uma plataforma gratuita com atualizações semanais levando em consideração as informações publicadas na Revista da Propriedade Industrial (RPI) (INPI, 2021). Apesar de o *Orbit Intelligence* contemplar uma variedade de patentes, optou-se por incorporar também o INPI como fonte de pesquisa patentária, pois existem tecnologias que são depositadas no Brasil, no entanto, por opção do depositante, não são depositadas nos escritórios internacionais e, por conseguinte, não estariam contempladas pelo *Orbit Intelligence*.

Assim, para essa base de patentes, a estratégia de busca empregada foi “pesquisa avançada” com a inserção nos campos de buscas por resumo, utilizando o termo “ventilador mecânico baixo custo” e, conjuntamente, a inserção da classificação IPC A61M-16/00.

Os artigos científicos foram analisados por ano de publicação, tipologia, principais áreas de conhecimento, países dos artigos e autores com maior número de publicações. As análises das patentes foram por ano de depósito, países de proteção, inventores, depositantes e principais domínios tecnológicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises a seguir demonstram, inicialmente, a prospecção tecnológica por meio dos indicadores bibliométricos e logo em seguida os dados do levantamento patentário.

A partir das buscas empregadas nas bases de dados da *Web of Science*, *Scopus*, INPI e *Orbit Intelligence*, utilizando as palavras-chave, os operadores booleanos e os filtros, foram encontrados os resultados apresentados na Tabela I.

Tabela I – Resultados das buscas de artigos científicos e das patentes sobre os ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo.

Palavras-chaves / Booleanos / Filtros	Scopus	Web of Science	INPI	Orbit
<i>covid-19 AND low-cost ventilator (articles)</i>	52	-	-	-
<i>covid-19 AND low-cost AND ventilator (articles)</i>	-	11	-	-
ventilador mecânico baixo custo AND A61M 16/00	-	-	60	-
<i>low-cost AND ventilator AND A61M-016/00</i>	-	-	-	873
<i>low-cost AND ventilator AND A61M-016/00 (2016-2020)</i>	-	-	-	190

Fonte: Elaborada pelas autoras (2021).

Após a pesquisa dos artigos, foi realizada uma análise dentro das próprias bases de dados para selecionar e exportar somente os artigos que estivessem dentro do rol da temática do estudo, excluindo, portanto, cinco artigos dos 11 selecionados da *Web of Science* e 39 dos 52 refinados da *Scopus*. Em seguida, foi realizada uma segunda análise para verificação de duplicidades de artigos entre as duas fontes de busca, identificando quatro artigos duplicados. Assim, considerando as exclusões e duplicidades, foram analisados 15 artigos no total nas duas bases.

Quanto à pesquisa na plataforma do *Orbit Intelligence*, foram identificados inicialmente 873 resultados agrupados por famílias de patentes. Posteriormente, limitou-se a busca por ano (2016-2020) recuperando 190 patentes. As mesmas foram exportadas para a planilha eletrônica, sendo que nessa primeira etapa de análise foram excluídas 111 patentes. Consideraram-se como critério de exclusão, as tecnologias que não estavam conceituadas como de baixo custo e que se enquadravam como ventiladores para finalidades diversas do escopo dessa pesquisa. Foram selecionados, exclusivamente, ventiladores mecânicos e acessórios para ventiladores mecânicos, para suporte ventilatório de pacientes com comprometimentos pulmonares que são incapazes de respirar adequadamente.

O Quadro I destaca os países e os autores dos artigos. Em relação aos países, é possível constatar a participação de 14. O país com maior número de publicações é os Estados Unidos com cinco, seguido da Espanha com três. O Reino Unido, a China, a Alemanha, a Finlândia e o Brasil aparecem com dois artigos cada um, e os demais países somente com um artigo.

Quadro I – Relação dos países e dos autores dos artigos.

Artigo	País	Autores
Artigo 1	Estados Unidos	RAJAJEE, V.; WILLIAMSON, C. A.
Artigo 2	Estados Unidos	COREY, R. M.; WIDLOSKI, E. M.; NULL, D.; RICCONI, B.; JOHNSON, M. A.; WHITE, K. C.; AMOS, J.; PAGANO, A.; OELZE, M. L.; SWITZKY, R. D.; WHEELER, M. B.; BETHKE, E. B.; SHIPLEY, C. F.; SINGER, A. C.
Artigo 3	Estados Unidos	FANG, Z.; LI, A. I.; WANG, H.; ZHANG, R.; MAI, X.; PAN, T.
	China	
Artigo 4	Estados Unidos	PETSUK, A.; TANIKELLA, N. G.; DERTINGER, S.; PRINGLE, A.; OBERLOIER, S.; PEARCE, J. M.
	França	
	Finlândia	
Artigo 5	Finlândia	ZUCKERBERG, J.; SHAIK, M.; WIDMEIER, K.; KILBAUGH, T.; NELIN, T.D.
	Estados Unidos	
Artigo 6	Espanha	FERNÁNDEZ, F. J. V.; SEGOVIA, J. S.; BRAVO, I. M.; RAMOS, C. G.; CASTILLA, D. R.; LÓPEZ, J. G.; MÁRQUEZ, J. M.
Artigo 7	Espanha	ACHO, L.; VARGAS, A. N.; PUJOL-VÁZQUEZ, G.
	Brasil	
Artigo 8	Suécia	MATHANLAL, T.; NAZARIOUS, M. I.; MANTAS-NAKHAI, R.; ZORZANO, M.-P.; MARTIN-TORRES, J.
	Espanha	
	Reino Unido	
Artigo 9	Reino Unido	CHRISTOU, A.; NTAGIOS, M.; HART, A.; DAHIYA, R.
Artigo 10	China	LIU, D. C. Y.; KOO, T. H.; WONG, J. K. K.; WONG, Y. H.; FUNG, K. S. C.; CHAN, Y.; LIM, H. S.
	(Hong Kong)	
Artigo 11	Alemanha	SZLOSAREK, R.; TEICHERT, R.; WETZEL, A.; FICHTNER, A.; REUTER, F.; KRÖGER, M.
Artigo 12	México	CASTRO-CAMUS, E.; ORNIK, J.; MACH, C.; HERNANDEZ-CARDOSO, G.; SAVALIA, B.; TAIBER, J.; RUIZ-MARQUEZ, A.; KESPER, K.; KONDE, S.; SOMMER, C.; WIENER, J.; GEISEL, D.; HÜPPE, F.; KRÄLING, G.; MROSS, P.; NGUYEN, J. N.; WIESMANN, T.; BEUTEL, B.; KOCH, M.
	Alemanha	
Artigo 13	Brasil	GINO, B.; WANG, Z.; D'ENTREMONT, P.; RENOUEF, T. S.; DUBROWSKI, A.
	Irlanda	
	Canadá	
Artigo 14	Austrália	DHANANI, J.; PANG, G.; PINCUS, J.; AHERN, B.; GOODWIN, W.; COWLING, N.; WHITTEN, G.; ABDUL-AZIZ, M. H.; MARTIN, S.; CORKE, P.; LAUPLAND, K. B.
Artigo 15	Índia	MATHEW, J. L.; SHARMA, M.; GAWRI, A.; SUKESHA, KUMAR, N.; CHANDER, A.; MATHEW, P. J.

Fonte: Elaborada pelas autoras (2021).

Conforme o Quadro I, percebe-se a participação de dois pesquisadores brasileiros entre os 15 artigos analisados, sendo um vinculado à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e o outro vinculado ao Hospital Madrecor de Uberlândia, Minas Gerais.

Dessa maneira, infere-se a cooperação entre universidades, instituições de pesquisa e empresas com vistas ao desenvolvimento de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo.

Considerando as pesquisas científicas envolvendo os Estados Unidos percebe-se uma forte inclinação para o desenvolvimento de dispositivos alternativos de baixo custo, utilizando como parâmetro o sistema de máscara de válvula de bolsa (BVM) para a criação de ventiladores mecânicos, três artigos (ZUCKERBERG *et al.*, 2020; FANG *et al.*, 2020; PETSUK *et al.*, 2020), acessórios de sistema de alarme, um artigo (COREY *et al.*, 2020), e equipamento para reduzir os índices de contaminação dos profissionais de saúde, um artigo (RAJAJEE; WILLIAMSON, 2020).

O artigo publicado por pesquisadores do Hospital Infantil da Filadélfia nos Estados Unidos descreve o desenvolvimento de um equipamento de ventilação mecânica chamado Ventilador ALFA, sendo necessário para a sua criação: uma válvula de alívio de pressão ajustável, um Microcontrolador Arduino, dois sacos infláveis Mapleson, duas válvulas unidirecionais, dois tubos de oxigênio, uma válvula PEEP ajustável, uma bola de futebol tamanho três e uma válvula solenoide. O objetivo do seu desenvolvimento foi construir um protótipo funcional de baixo custo, com *design* simples e acessível, capaz de ser construído com equipamentos disponíveis em ambientes hospitalares para uso em setores de emergência (ZUCKERBERG *et al.*, 2020).

Os dados simulados deste estudo foram obtidos usando um simulador de pulmão ASL 5000 (*IngMar Medical, Pittsburgh, PA*) e os pesquisadores concluíram que o Ventilador ALFA pode ser utilizado com segurança e confiabilidade em pacientes adultos e pediátricos em uma variedade de doenças pulmonares. E ressaltaram que o modelo não apresenta mecanismos para sincronizar o ventilador com a respiração iniciada pelo paciente, ou seja, outros modelos poderão incorporar válvulas de sensores de fluxo e de pressão, embora possam aumentar os custos e a complexidade do *design* (ZUCKERBERG *et al.*, 2020).

Outro estudo realizado em cooperação entre a Universidade da Califórnia dos Estados Unidos e a Universidade Hangzhou Dianzi, Hangzhou da China, desenvolveu um protótipo de ventilador mecânico denominado AmbuBox. Este é um equipamento baseado na máscara de válvula de bolsa (BVM), o que representa uma vantagem. Além de necessitar de um número mínimo de componentes, possui um mecanismo simples e, portanto, de baixo custo e de rápida implementação. Foi desenvolvido para preencher a lacuna que existia entre os ventiladores convencionais de BVM. Ele possui um sistema modular e independente, com uma vedação bidirecional para a BVM, é montado com peças cortadas a laser e disponíveis no mercado, mantendo alta precisão e estabilidade de longa duração (FANG *et al.* 2020).

O projeto AmbuBox foi desenvolvido e validado em uma configuração de teste de bancada usando um simulador de pulmão. Sua destinação foi pensada para uso em ambientes clínicos com poucos recursos financeiros. É um grande promissor para os casos que ocasionam vítimas em massa, como a pandemia da covid-19 (FANG *et al.* 2020).

Outra pesquisa envolvendo os Estados Unidos foi fruto de uma cooperação entre Universidades de outros dois países, Finlândia e França. A equipe de pesquisadores descreve o desenvolvimento, totalmente de código aberto, de um ventilador portátil baseado no sistema de BVM, simples e de fácil construção, chamado Sistema Ventilador RepRapable. É baseado no controlador Arduino com um sistema operacional instalado em uma ampla estrutura em componentes paramétricos imprimíveis RepRap 3-D (PETSUK *et al.* 2020).

Portanto, o Sistema Ventilador RepRapable apesar de ser um ventilador com um número de modos ventilatórios reduzido, em comparação aos ventiladores convencionais, é um dispositivo de baixo custo, fornece um modo de respiração controlada com volumes correntes de 100 a 800 mL e pode ser fabricado em larga escala. Além de superar as capacidades da ventilação manual, por meio da BVM, consegue reproduzir modos ventilatórios predeterminados e possui estabilidade na repetição dos ciclos respiratórios. O trabalho conclui que outros estudos devem ser realizados no intuito de aprimorar ainda mais o sistema para que seja implementado em ambientes clínicos (PETSUK *et al.* 2020).

Com o surto pandêmico do novo Coronavírus o fornecimento de oxigênio é um dos pilares dos cuidados intensivos e pode prevenir a morte por SARS. Por isso muitas universidades, centros de pesquisas e empresas estão desenvolvendo ventiladores alternativos de baixo custo, porém muitos deles não possuem

sensores de alarme. Visando cobrir este déficit, o estudo de COREY *et al.* (2020) veio para atender a esta demanda ao desenvolver um acessório chamado *Illinois RapidAlarm* que tem a função de melhorar a funcionalidade de ventiladores de emergência ciclados a pressão. Vale salientar que estes componentes são encontrados habitualmente em ventiladores mecânicos mais complexos (COREY *et al.* 2020).

O objetivo do sensor *Illinois RapidAlarm* é soar um alarme quando o ciclo respiratório estiver anormal, pois os ventiladores ciclados à pressão usam estes níveis para alternar entre modos de inspiração e expiração. O sensor e o sistema de alarme analisam, também, se o ventilador está operando normalmente dá o sinal de alerta em casos de falhas. O mesmo sinal de pressão pode ser usado para detectar perda repentina de pressão devido à desconexão e para detectar pressão de picos devido às falhas mecânicas. Este estudo concluiu que o sistema é de rápida aplicabilidade, fácil de construir e de baixo custo (COREY *et al.* 2020).

A traqueostomia é um procedimento gerador de aerossol (AGP) semelhante à intubação orotraqueal. Em virtude do vírus SARS-COV-2 ser altamente transmissível, a infecção dos profissionais de saúde tem sido amplamente documentada durante a AGP. Rajajee e Williamson (2020) apontaram que na epidemia de 2002-2004, os profissionais de saúde no cuidado de pacientes com SARS-COV foram quatro vezes mais propensos a contrair a doença durante AGP quando comparados aos profissionais que não realizavam este procedimento.

Diretrizes dos Estados Unidos recomendam que a realização de traqueostomia em pacientes com covid-19 deva ser realizada em salas de pressão negativa (NPR). Porém, os elevados índices de casos de covid-19 associado à escassez de recursos são fatores limitadores da disponibilidade destas salas NPR. Por isso, a tenda de pressão negativa do AerosolVE foi desenvolvida para preencher essa lacuna, tendo como objetivo a mitigação de partículas do vírus SARS-COV-2 nos ambientes em que atuam os profissionais (RAJAJEE; WILLIAMSON, 2020).

A tenda consiste em uma cobertura de plástico transparente com várias fendas que permitem o acesso para o paciente, apoiado por uma moldura dobrável. O ar dentro da tenda é retirado através de um filtro de partículas de ar de alta eficiência, via pressão negativa gerada por um motor de vácuo. Diante dos testes realizados constatou-se que é um dispositivo, de baixo custo, promissor para diminuir os riscos para os profissionais de saúde durante AGPs (RAJAJEE; WILLIAMSON, 2020).

Em relação aos dois artigos envolvendo pesquisadores brasileiros, um deles descreve a construção de um ventilador mecânico de código aberto e de baixo custo. O equipamento emprega apenas peças de reposição comerciais, além de mostrar um método numérico para monitorar a condição pulmonar dos pacientes. Considera as medições de pressão do membro inspiratório e alerta os médicos em tempo real se o paciente está em uma situação saudável ou não. Este método numérico útil, porém, direto, abre a possibilidade de aplicações em outros ventiladores mecânicos (ACHO; VARGAS; PUJOL-VÁZQUEZ, 2020).

O outro estudo é um relatório técnico que destaca o projeto de desenvolvimento de um ressuscitador inflável automatizado (AIR). Foi projetado de acordo com a funcionalidade básica estabelecida pela Agência Reguladora de Medicamentos e Produtos de Saúde (MHRA, Reino Unido) para uso clínico provisório à luz da covid-19. O estudo teve duplo objetivo: o primeiro foi descrever o processo de design e fabricação de um ventilador impresso em 3D dispositivo de treinamento, o AIR, que opera com base no princípio de empurrar uma máscara de válvula de bolsa (BVM); o segundo foi descrever um cenário de simulação que pode ser usado para treinar trabalhadores no manuseio do AIR e ventiladores similares, quando estes estiverem atuando na linha de frente. O cenário foi projetado para treinar a segurança, a capacidade operacional, e a gestão de recursos de crise e habilidades de comunicação (GINO *et al.*, 2020).

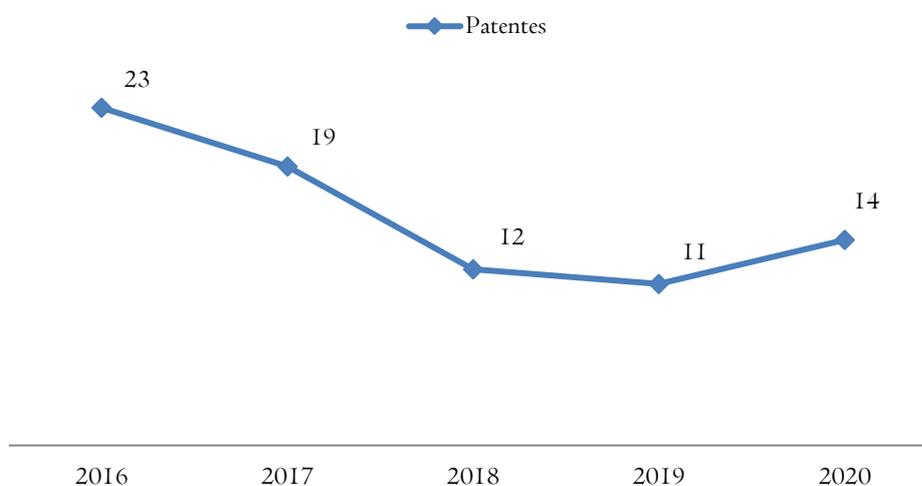
Segundo o Índice Global de Inovação 2020 (IGI), as universidades desempenham um papel central em sistemas de inovação e, para mensurar o seu papel neste campo, o IGI utiliza os dados das classificações universitárias anuais publicadas pela empresa *Quacquarelli Symonds* do Reino Unido (*ranking* universitário da QS). Entre as universidades analisadas, os Estados Unidos apareceram em primeiro lugar com maior índice de qualidade (WIPO, 2020).

Dessa forma, infere-se a existência de uma correlação entre os resultados desse estudo com os dados apresentados no IGI, fato este justificado por Imasato, Perlin e Borenstein (2017, p. 65) que afirmam que “a publicação de artigos científicos se tornou elemento-chave na avaliação da produtividade científica”.

Em relação à prospecção patentária, a partir das estratégias de buscas empregadas, foram selecionados no *Orbit Intelligence* 79, das 190 patentes encontradas, e no INPI 5 patentes, das 60 encontradas. Após exclusões e duplicidades, totalizaram-se 83 patentes sobre ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo, sendo 79 do *Orbit Intelligence* e 4 do INPI.

O Gráfico I retrata o ano de proteção das patentes do *Orbit Intelligence*. Observa-se dois períodos com maior destaque para depósitos, um em 2016, com 23 patentes, e o outro em ascensão do ano de 2020, com 14 patentes.

Gráfico I – Patentes de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo por ano de depósito.



Fonte: Elaborado pelas autoras, conforme dados do *Orbit Intelligence* (2021).

É válido realçar que o ano de 2009 foi marcado pela identificação de um novo subtipo do vírus de influenza, tipo A, o que desencadeou a primeira pandemia do século XXI, decretada pela OMS em 27 de abril daquele ano (COSTA; MERCHAN-HAMANN, 2016). Segundo He *et al.* (2020), o vírus da gripe H1N1 é sazonal e continua a circular em todo o mundo.

Para Bellei e Melchior (2011, p. 616), o vírus H1N1 2009 sofreu mutações ao longo do ano de 2010 e tem um impacto variável em diferentes regiões do mundo. As autoras realçam “que apesar de ele possuir uma estabilidade genética é resultante de rearranjos genéticos e por isso deve ser monitorado”.

No Brasil, no ano de 2016, 1.982 pessoas morreram em decorrência da H1N1, número muito próximo ao número de óbitos no ano em que a pandemia se iniciou. E o número de casos notificados superou dez mil indivíduos (DANTAS, 2017).

Com o grande número de mortes e o impacto global nos sistemas de saúde, pode-se deduzir que a pandemia da H1N1 instigou uma série de iniciativas no campo tecnológico, haja vista as repercussões pulmonares identificadas pela SARS que, também, necessitavam de aparelhos para respiração (GOMES; FERRAZ, 2012).

Dessa forma, considerando essas características do vírus H1N1 e a repercussão da sua presença em diferentes regiões do mundo, mesmo após a decretação do fim da pandemia, é muito provável que este fator tenha culminado em uma maior produção de respiradores mecânicos no ano de 2016.

Para Holanda e Pinheiro (2020), um dos maiores problemas para o enfrentamento à covid-19 encontra-se, justamente, na falta de leitos de UTI e de ventiladores mecânicos, colocando o suporte ventilatório como o centro do problema para pacientes que necessitam deste tratamento. Destarte,

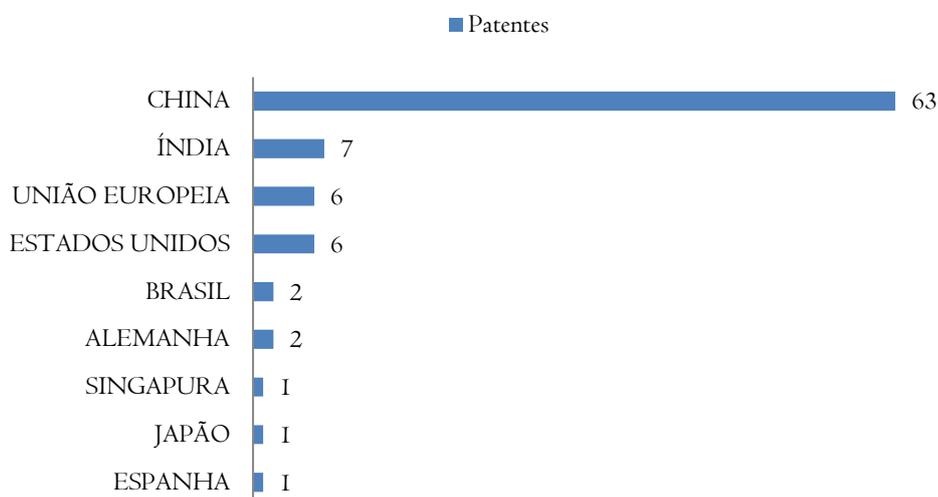
evidencia-se no presente estudo uma inclinação mundial, no ano de 2020, para o desenvolvimento dessas tecnologias.

Em suma, a pandemia da doença covid-19 desencadeou grandes impactos nos sistemas de saúde do mundo, assim como a primeira pandemia do século XXI (HINI) (COSTA; MERCHAN-HAMANN, 2016). Além da elevada transmissibilidade, elas desencadearam um alarmante índice de mortalidade, muito em virtude das complicações respiratórias que requerem uma assistência mais complexa (SANTOS *et al.*, 2020; VÁZQUEZ *et al.*, 2017).

Quanto aos anos de proteção das patentes do INPI observa-se: duas patentes de 2009, uma patente de 2007 e uma patente de 2003.

O Gráfico 2 mostra os países dos proprietários das patentes. A China é a maior detentora, com 63 patentes, seguido da Índia, com sete patentes e da União Europeia e dos Estados Unidos, ambos com seis patentes. Em relação ao Brasil, foram identificados dois documentos de patentes na base *Orbit Intelligence* e três na base do INPI, totalizando cinco patentes brasileiras.

Gráfico 2 – Patentes de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo por país de proteção.



Fonte: Elaborado pelas autoras, conforme dados do *Orbit Intelligence* (2021).

Na base do INPI foram encontrados cinco documentos de patentes, no entanto um foi excluído, pois estava presente também no *Orbit Intelligence*. Logo, os países dos proprietários das patentes que foram encontrados na base do INPI correspondem a três do Brasil e um dos Estados Unidos.

Uma das patentes depositada no Brasil é de titularidade da fabricante americana SPACELABS HEALTHCARE, LLC, cujo título é “Ventilador Mecânico Controlável” e tem como número de depósito PI 07155638 A2. O objetivo dos inventores Nicholas Ong, Richard Henry Cooke e Roy Hays (2007) foi criar um ventilador em resposta a eventos pandêmicos. Em virtude da sua simplicidade física e do seu aparato operacional, que contribui para um custo baixo na sua fabricação, é capaz de ser produzido rapidamente. A invenção foi criada para prover ventilação à pacientes com SARS e tem como característica: uma entrada de gás conectada a um reservatório, um conduto de inalação, uma válvula de controle de fluxo e um mecanismo de desligamento de gás que detecta um estado da pressão. Pode ser utilizado em pacientes adultos e crianças.

A patente brasileira, “Conjunto de Elementos de Traqueia Artificial para Utilização em Circuito Respiratório”, N° PI 090024I-3 A2, tem como titulares a empresa, S.G. Indústria e Comércio de Plásticos e Elastômeros Ltda., e como inventor, Edson Navarros Torres (2009). O invento se refere a um acessório para ventilador mecânico e tem como finalidade a utilização no atendimento hospitalar e/ou residencial. Apresenta como vantagem a reutilização, pelo fato de conseguir suportar uma esterilização em autoclave, ser composto em material termoplástico elastomérico e ainda de ser de baixo custo.

Vale salientar que as patentes encontradas foram divididas em duas categorias reproduzindo o mesmo padrão dos artigos. A primeira se refere ao desenvolvimento de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo, e a outra diz respeito ao desenvolvimento de acessórios para esses ventiladores. Assim, das 83 patentes analisadas, 41 são ventiladores mecânicos e 42 são acessórios.

Destacam-se como os principais inventores das patentes com maior quantidade de invenções protegidas: Zhuang Zhi, com 12 documentos, seguido por Zhang Jie, com 4, e Zhang Kan, Yu Liwei, Yao Huijuan, Xu Chuanyi, Xia Cong, Wang Ruiqiang, Ma Hui, Liu Zhe, Liu Lijun, Jiang Guo, Bai Hui e Ai Lun, com 2 documentos cada um. Com relação aos inventores das patentes do INPI, tem-se o inventor Edson Navarro Torres, com duas patentes. Os demais aparecem como inventores de uma patente.

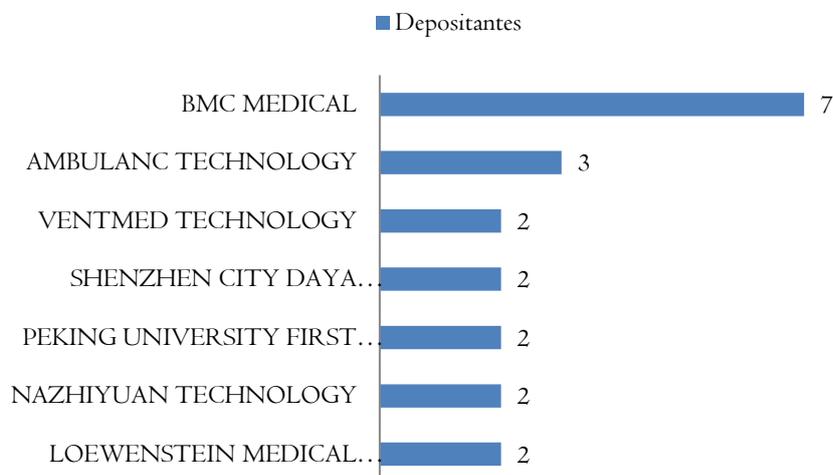
A patente de invenção, N° CNI07261276, criada por Zhuang Zhi em cooperação com Qi Dan e Yi Pinghu descreve uma máquina de respiração e um sistema de aquecimento que compreende um motor e uma unidade de aquecimento, sendo esta incluída por um dispositivo semicondutor. Apresenta como vantagem a redução no tempo de reação para se atingir a umidificação desejada (DAN, PINGHU; ZHI, 2017).

Em outra patente de invenção criada por Zhuang Zhi, N° CN110975094, juntamente com o inventor Zhang Jie, diz respeito ao desenvolvimento de uma estrutura de redução de ruído para um dispositivo de ventilação. Apresenta como finalidade reduzir o ruído aerodinâmico na passagem de ar e consequentemente melhora o grau de satisfação do paciente (JIE; ZHI, 2019).

Importante observar que as patentes dos inventores mais citados Zhuang Zhi e Zhang Jie, que possuem 4 patentes em conjunto, tem como titularidade a empresa BMC Medical.

De acordo com o Gráfico 3, a maioria dos titulares das patentes da base do *Orbit Intelligence* diz respeito a empresas, sendo a BMC Medical, com sete patentes, a *Ambulanc Technology*, com três, e as demais com duas patentes.

Gráfico 3 – Patentes de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo por depositante.



Fonte: Elaborado pelas autoras, conforme dados do *Orbit Intelligence* (2021).

As duas maiores depositantes de patentes são as empresas BMC Medical, 7 patentes, e Ambulanc Technology, 3 patentes, que são empresas chinesas. O *Peking University First Hospital*, localizado na China, foi a organização de cunho educacional com maior destaque em número de patentes, totalizando duas, de acordo com o Gráfico 3.

Quanto aos depositantes das patentes na plataforma do INPI, as empresas, também, são maioria, sendo uma com sede nos Estados Unidos, *Spacelabs Healthcare*, LLC; e duas sediadas no território brasileiro, a S.G. Indústria e Comércio de Plásticos e Elastômeros Ltda. e a Logomed Comercial Ltda. Cabe destacar que a patente encontrada em duplicidade teve como titularidade a Universidade Federal da Paraíba (UFPB), cuja patente tem como título “Ventilador pulmonar micro-controlado equipado com

sistema multibiométrico, monitor com tela sensível ao toque e conectividade sem fio” (Nº BR 102020006631) depositada no ano de 2020 (RAMOS *et al.*, 2020).

A patente de titularidade da UFPB foi criada para resolver as lacunas nos estados das artes dos ventiladores mecânicos existentes a época da sua criação. Segundo seus inventores, a patente tem como vantagem a presença de sensores biométricos externos de temperatura, batimento cardíaco e oxímetro, além disso possui um sistema que possibilita o monitoramento simultâneo de pacientes empregando a concetividade *wireless* para transferir dados para dispositivos móveis (*tablet, smartphone e notebook*). Essa funcionalidade otimiza os atendimentos em UTI com redução de esforço, pois os pacientes podem ser monitorados a distância, e redução de exposição aos ambientes insalubres. O invento descreve um ventilador baseado em um sistema pneumático de válvulas senoides e possui monitor *touch screen* (RAMOS *et al.*, 2020).

O documento de patente de Ramos *et al.* (2020) faz referência a outra patente brasileira, que tem como título “Mini Ventilador Pulmonar Mecânico Pneumático” (Nº MU 8303705-5 Y1), de titularidade da Logomed Comercial Ltda. Esta patente descreve um “Mini Ventilador Pulmonar Mecânico Pneumático” e tem como característica o conceito de ventilação pulmonar PCV (*Pressure Contrain Ventilation*), ou seja, apresenta um controle do fluxo em função do volume pulmonar e da resistência da via aérea. Tem como vantagem ser de fácil fabricação e ser de baixo custo, o que pode facilitar sua aquisição para atender a um maior número de usuários (DO VAL; AZEREDO, 2017).

Por fim, a predominância das patentes do *Orbit Intelligence*, quanto ao domínio tecnológico, é a *Medical Technology*, o que evidencia o cuidado e a preocupação de profissionais médicos e engenheiros, desde o ano de 2016, na busca por criar soluções alternativas.

Em um panorama de aplicação para as tecnologias abordadas foi constatado na pesquisa realizada por Al Hussein *et al.* (2010), o desenvolvimento de um projeto de ventilador mecânico alternativo de baixo custo que utilizava a máscara de válvula de bolsa (BVM), conhecida como Ambu. Segundo Majid *et al.* (2020), a grande maioria das soluções propostas para ventilação artificial utilizando a BVM, se baseou na pesquisa de Al Hussein *et al.* (2010), a exemplo da patente “*A mechanical ventilator device*”, encontrada na presente pesquisa.

Nesse contexto, ao fazer uma análise das tecnologias sobre ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo, para suporte ventilatório, é notório o esforço de pesquisadores e inventores, envolvidos com o campo da inovação em saúde, em ofertar ao mundo soluções viáveis.

Este fato foi observado em virtude de todos os 15 artigos analisados abordarem criações e tecnologias de código aberto, ou seja, as informações encontram-se no domínio público, que para Barros *et al.* (2015) é considerado uma fonte valiosa para o desenvolvimento tecnológico futuro.

Das 190 patentes, do *Orbit Intelligence*, recuperadas nos últimos cinco anos, 41,6% se referem a ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo. E das 60 patentes recuperadas na base de dados do INPI somente 6,7% foram sobre ventiladores mecânicos de baixo custo. Ao total somando os documentos do *Orbit Intelligence* e do INPI foram analisadas 83 patentes sobre ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo, destacando-se que 14 foram desenvolvidas no ano de 2020, o que demonstra uma forte correlação com a pandemia da covid-19.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que este estudo alcançou o seu objetivo geral que foi a identificação de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo relacionados ao suporte ventilatório.

Após a realização do estudo constata-se que o Brasil quando comparado com o restante do mundo depositou apenas 5 patentes, sendo duas oriundas de universidades e três de indústrias, enquanto a China foi responsável por 63 dos depósitos de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo. Outros principais depositantes são a Índia com 7 e Estados Unidos e União Europeia com 6 patentes.

Com relação ao conhecimento científico destaca-se que entre os 15 artigos analisados, sendo todos de código aberto, 5 foram realizados por pesquisadores americanos, sendo demonstrados em todos eles testes clínicos e de bancada, enquanto o Brasil aparece com 2, fruto de cooperações entre universidades de outros países.

Outro destaque foi em relação aos países dos autores dos artigos, entre eles 6 estão no *ranking* dos dez países mais inovadores, quais sejam: Estados Unidos, a Finlândia, a Alemanha, Reino Unido, Suécia e Irlanda, conforme o Índice Global de Inovação (WIPO, 2020).

Nos últimos cinco anos observou-se um engajamento entre os países para o desenvolvimento de ventiladores alternativos de baixo custo e o aumento no desenvolvimento de pesquisas, por meio de artigos científicos, visando o rompimento de paradigmas em busca de novas tecnologias.

Outra informação importante é a existência de colaboração internacional na publicação de artigos e na proteção de patentes. Como a inovação na área tecnológica de ventiladores mecânicos já está bastante difundida, inclusive com patentes em domínio público, como abordado no estudo de Silva *et al.* (2020), é possível afirmar que esse fato ensejou as cooperações entre os países, pois segundo Motta, Garcia e Quintella (2015), as cooperações acontecem quando as tecnologias estão em um nível avançado de maturidade.

Observou-se também o expressivo interesse dos artigos em relação ao desenvolvimento de ventiladores mecânicos, como, por exemplo, os ventiladores ALFA, AmbuBox e *RepRapable*, e pouco sobre os acessórios de ventiladores mecânicos, sendo *Illinois RapidAlarm* o único acessório descrito nos artigos analisados. Por outro lado, em relação às patentes, esse número aparece bem equilibrado. Assim, depreende-se um acentuado desenvolvimento nos acessórios de ventiladores mecânicos, ratificando que os inventores buscam aperfeiçoar as tecnologias já existentes.

Considerando as análises e as pesquisas realizadas, pôde-se extrair um conceito sobre o que seria 'alternativa de baixo custo', característica dos ventiladores mecânicos, objeto desse estudo. O referido termo diz respeito a ventiladores mecânicos que possuem um processo de fabricação simples, com utilização de peças de fácil acesso, de rápida industrialização e com requisitos mínimos, muitas vezes dando outra funcionalidade para equipamentos já disponíveis no mercado, e conseqüentemente, tornando-os mais econômicos, de baixo custo e de fácil manuseio.

Logo, ficou evidenciado que há interesse mundial em soluções inovadoras, mesmo que não sejam disruptivas, para o desenvolvimento de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo. No entanto, é necessário ressaltar os cuidados necessários, pois como se tratam de equipamentos da área de saúde existe uma preocupação com o atendimento às normas técnicas e com a qualidade mínima dos materiais produzidos, além de cumprir os pré-requisitos dos órgãos de controle.

Portanto, essa pesquisa oportuniza ao campo científico a realização de outros estudos para o levantamento de patentes de ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo com um refinamento, em um período maior de tempo, a fim de identificar possíveis ventiladores mecânicos alternativos de baixo custo em domínio público. Ainda, é possível realizar uma prospecção sobre essas tecnologias nos próximos anos com intuito de identificar as conseqüências pós-pandemia.

REFERÊNCIAS

ACHO, L.; VARGAS, A. N.; PUJOL-VÁZQUEZ, G. Low-cost, open-source mechanical ventilator with pulmonary monitoring for covid-19 patients. *Actuators*, Suíça, v. 9, n. 3, p. 84, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/act9030084>. Acesso em: 1 dez. 2020.

AL HUSSEINI, A. M. *et al.* Design and prototyping of a low-cost portable mechanical ventilator. *J Med Devices*, Minneapolis, v. 4, n. 2, p. 13-15, Apr. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/245374049_Design_and_Prototyping_of_a_Low-Cost_Portable_Mechanical_Ventilator. Acesso em: 16 dez. 2020.

ANTUNES, A. M. S. *et al.* Métodos de prospecção tecnológica, inteligência competitiva e foresight: principais conceitos e técnicas. *In: RIBEIRO, N. M. (org.). Prospecção tecnológica.* Salvador, BA: IFBA, p. 60-61, 2018.

AROEIRA, T.; VIVELA, B.; FERREIRA, R. F. Mais de 100.000 Óbitos: avaliação da eficiência dos hospitais do SUS no tratamento à covid-19 Nos Municípios Brasileiros. **RAHIS**, Rev. de Adm. Hospitalar e Inovação em Saúde, Belo Horizonte, vol. 17, n. 2, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21450/rahis.v17i2.6427>. Acesso em: 6 dez. 2020.

BARBAS, C. S. V. *et al.* Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. **Rev. Bras. de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 89-12, 2014.

BARROS, W. B. G. *et al.* Patente como fonte de informação tecnológica: utilização de documentos de patente em domínio público. *In: III SINGEP e II S2IS*, São Paulo, SP, 2015. **Anais [...]**, São Paulo, 2015. ISSN-2317-8302.

BATISTA, M. de A.; ALCÂNTARA, E. C.; PAULA, L. K. G. de. Central de ventiladores mecânicos: organização, segurança e qualidade. **Rev. Bras. de Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 19 n. 4, out./dez. 2007.

BELLEI, M.; MELCHIOR, T. B. HINI: pandemia e perspectiva atual. **J. Bras. Patol. Med. Lab.** [*on-line*], v. 47, n. 6, p. 611-617, dez. 2011. ISSN 1676-2444. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-24442011000600007>. Acesso em: 5 nov. 2020.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Base de Dados.** 2020. Disponível em: www.capes.gov.br/. Acesso em: 14 dez. 2020.

CARVALHO, C. R. R. de; TOUFEN JUNIOR, C.; FRANCA, S. A. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. *In: III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica.* **J. Bras. Pneumol.** [*on-line*], v. 33(Supl 2):S 54-S 70, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v33s2/a02v33s2.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2020.

COREY, R. M. *et al.* Low-complexity system and algorithm for an emergency ventilator sensor and alarm. **IEEE Transactions On Biomedical Circuits And Systems**, Canadá, vol. 14, n. 5, Oct. 2020. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9184284>. Acesso em: 10 dez. 2020.

COSTA, L. M. C. da; MERCHAN-HAMANN, E. Pandemias de influenza e a estrutura sanitária brasileira: breve histórico e caracterização dos cenários. **Rev. Pan-Amazônica Saúde**, Ananindeua, Pará, v. 7, n. 1, p. 11-25, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/journal/Revista-Pan-Amazonica-de-Saude-2176-6223>. Acesso em: 14 jan. 2021.

DAMASCENO, M. P. C. D. *et al.* Ventilação mecânica no Brasil: aspectos epidemiológicos. **Rev. Bras. de Terapia Intensiva**, São Paulo, vol. 18, n. 3, jul./set. 2006.

DAN, Qi; PINGHU, Yi; ZHI, Z. Heating system of breathing machine and breathing machine. Titular: BMC MEDICAL. CNI07261276 B. Depósito: 29 jun. 2017. Concessão: 11 ago. 2020.

DANTAS, C. **Brasil tem mais de 1,9 mil mortes por HINI em 2016**, diz ministério. 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/noticia/brasil-tem-mais-de-19-mil-mortes-por-hini-em-2016-diz-ministerio.ghtml>. Acesso em: 14 mar. 2021.

DO VAL, H. R.; AZEREDO, W. V. **Mini Ventilador Pulmonar Mecânico Pneumático**. Titular: Logomed Comercial Ltda. Mu 8303705-5 Y1. Depósito: 19 mar. 2003. Concessão: 25 abr. 2017.

FANG, Z. *et al.* AmbuBox: A fast-deployable low-cost ventilator for covid-19 emergent care. **SLAS Technology**, [s.l.], v. 25, n. 6, p. 573-584, 2020. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2472630320953801>. Acesso em: 6 jan. 2021.

FIORINESCHI, L.; FRILLICI, F. S.; ROTINI, F. Challenging covid-19 with Creativity: Supporting Design Space Exploration for Emergency Ventilators. **Appl. Sci.**, Switzerland, v. 10, 4955, Issue 14, 2020. DOI:10.3390/app10144955. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/14/4955/htm>. Acesso em: 28 dez. 2020.

GALVAN, D. *et al.* Can Socioeconomic, Health, and Safety Data Explain the Spread of covid-19 Outbreak on Brazilian Federative Units? **Int. J. Environ. Res. Public Health**, Switzerland, v. 17, 8921, Issue 23, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/23/8921>. Acesso em: 9 dez. 2020.

GE, H. *et al.* Cumulative oxygen deficit is a novel predictor for the timing of invasive mechanical ventilation in covid-19 patients with respiratory distress. **PeerJ**, London, v. 8, e10497, 2020. Disponível em: <https://peerj.com/articles/10497/>. Acesso em: 10 jan. 2021.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GINO, B. *et al.* Automated Inflating Resuscitator (AIR): design and development of a 3d-printed ventilator prototype and corresponding simulation scenario based on the management of a critical covid-19 patient. **Cureus**, [s.l.], v. 12, n. 7, e9134, 2020. DOI 10.7759/cureus.9134.

GOMES, I. M. de A. M.; FERRAZ, L. M. R. Ameaça e controle da gripe A (H1N1): uma análise discursiva de Veja, IstoÉ e Época. **Saúde Soc.**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 302-313, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902012000200005. Acesso em: 8 jan. 2021.

HE, W. *et al.* Distribution and evolution of H1N1 influenza A viruses with adamantanes resistant mutations worldwide from 1918 to 2019. **Journal of Medical Virology**, [on-line], p.1-11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jmv.26670>. Acesso em: 5 jan. 2021.

HOLANDA, M. A.; PINHEIRO, B. V. Pandemia por covid-19 e ventilação mecânica: enfrentando o presente, desenhando o futuro. **J. Bras. Pneumol.**, São Paulo, v. 46, n. 4, Epub 20, 2020. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.36416/1806-3756/e20200282>. Acesso em: 5 jan. 2021.

IMASATO, T.; PERLIN, M. S.; BORENSTEIN, D. Análise do Perfil dos Acadêmicos e de suas Publicações Científicas em Administração. **RAC**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, art. 4, pp. 62-83, jan./fev. 2017. Disponível em: <https://rac.anpad.org.br/index.php/rac/article/view/1204>. Acesso em: 12 jan. 2021.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Base de dados**. 2021. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController>. Acesso em: 4 jan. 2021.

JIE, Z.; ZHI, Z. **Noise reduction structure for ventilation treatment device and ventilation treatment device**. Titular: BMC MEDICAL. CNI10975094 A Depósito: 30 dez. 2019. Concessão: 10 abr. 2020.

KOERICH, G. V.; CANCELLIER, É. L. P. de L. Inovação Frugal: origens, evolução e perspectivas futuras. **Cad. EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, out./dez. 2019. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernosebape/article/view/74424>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MAGNAMED. **Inovação e ventilação pulmonar**: a evolução no tempo. 2020. Disponível em: <https://www.inovacoemagnamed.com.br/post/2019/12/16/inovacao-e-ventilacao-pulmonar-a-evolucao-no-tempo> . Acesso em: 10 mar. 2020.

MAJID, B. E. *et al.* Preliminary design of an innovative, simple, and easy-to-build portable ventilator for covid-19 patients. **Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration**, Switzerland, v. 5, n. 23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00163-1>. Acesso em: 12 jan. 2021.

MÁRQUEZ, J. M. A. ResUHUrge: A low-cost and fully functional ventilator indicated for application in covid-19 patients. **Sensors**, Suíça, v. 20, n. 6774, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s20236774>. Acesso em: 12 jan. 2021.

MATHANLAL, T. *et al.* ATMO-vent: an adapted breathing atmosphere for covid-19 patients. **HardwareX**, [s.l.], v. 8, e00145, Oct. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2020.e00145>. Acesso em: 2 jan. 2021.

MOTTA, G. da S.; GARCIA, P. A. de A.; QUINTELLA, R. H. A Patento-Scientometric Approach to Venture Capital Investment Prioritization. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [s.l.], v. 66, n. 5, p. 765-777, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.23205>. Acesso em: 10 jan. 2021.

ONG, N.; COOKE, R. H.; HAYS, R. **Ventilador mecânico controlável**. Titular: Spacelabs Healthcare. LLC. PI 0715563-8 A2. Depósito: 12 out. 2007. Publicação: 02 jul. 2013.

ORBIT INTELLIGENCE. **Plataforma de patentes**. 2021. Disponível em: <https://www.orbit.com/?locale=en&ticket=7c400322-3a7f-4c65-b78f-1d7697c52526&embedded=false#PatentRegularAdvancedSearchPage>. Acesso em: 4 jan. 2021.

PEARCE, J. M. A review of open source ventilators for covid-19 and future pandemics. [version 2; peer review: 3 approved]. **FI000Research**, [s.l.], v. 9, 218, 2020. Disponível em: <https://fi000research.com/articles/9-218/v2>. Acesso em: 10 jan. 2021.

PETSIUK, A. *et al.* Partially RepRapable automated open source bag valve mask-based ventilator. **HardwareX**, [s.l.], v. 8, e00131, Oct. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2020.e00131>. Acesso em: 20 jan. 2021.

PROFNIT – Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação. **Estratégia de busca e base de dados** [aula *on-line*]. 2020. Disponível em: <https://classroom.google.com/c/MTg5ODQxODY4NzgI>. Acesso em: 10 jan. 2021.

RAJAJEE, V.; WILLIAMSON, C. A. Use of a novel negative - pressure tent during bedside tracheostomy in covid-19 patients. **Neurocrit Care**, [s.l.], v. 33, p. 597-603, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12028-020-01068-1>. Acesso em: 5 jan. 2021.

RAMOS, *et al.* **Ventilador pulmonar micro-controlado equipado com sistema multibiométrico, monitor com tela sensível ao toque e conectividade sem fio**. Titular: Universidade Federal da Paraíba. BR 102020006631-5 A2. Depósito: 2 abr. 2020. Concessão: 28 de jul. de 2020.

SANTOS, C. D. S. M. Pedidos de patente de ventiladores pulmonares. Observatório de tecnologias associadas à covid-19. LOURENÇO, A. L.; WEID, I. von der (colabs.). **INPI**, 2020. Disponível: https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tecnologias-para-covid-19/Arquivos%20Textos/Estudo_2_ventiladores_pulmonares.pdf . Acesso em: 12 mar. 2021.

SANTOS, V. M. L. dos *et al.* Estudo da Correlação entre os Indicadores a partir de Estudos Prospectivos do Coronavírus, H1N1, H5N1, H2N2, H3N2 e Zika. **Cad. de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 2, Ed. Esp., p. 576-596, abr. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/36220>. Acesso em: 21 dez. 2020.

SCOPUS. **Base de dados**. 2020. Disponível em: <https://www-scopus-com.ez357.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=advanced&origin=searchbasic&txGid=96925a241a54a11db9dfeaf551e12df3>. Acesso em: 14 dez. 2020.

SILVA, M. B. da *et al.* Enfrentamento à covid-19: um mapeamento das patentes de ventiladores mecânicos. **Cad. de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 2, Ed. Esp., p. 526-542, abr. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/36186/21002>. Acesso em: 21 dez. 2020.

SUZUMURA, E. A. *et al.* Desafios para o desenvolvimento de ventiladores alternativos de baixo custo durante a pandemia de covid-19 no Brasil. **Rev. Bras. Terapia Intensiva**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 444-457, jul./set. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-507X2020000300444&script=sci_arttext. Acesso em: 14 jan. 2021.

TIAN, S. *et al.* Pulmonary pathology of early-phase 2019 novel coronavirus (covid-19) Pneumonia in Two Patients With Lung Cancer. **Journal of Thoracic Oncology**, Elsevier, v. 15, n. 5, p.700-704, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtho.2020.02.010>. Acesso em: 4 dez. 2020.

TORRES, E. N. **Conjunto de Elementos de Traqueia Artificial para utilização em circuito respiratório**. Titular: S. G. Indústria e Comércio de Plásticos e Elastômeros Ltda. PI0900241-3 A2. Depósito: 16 fev. 2009. Publicação: 26 out. 2010.

TORRES, M. L. A.; CANHISARES, F. A. T.; QUINTÃO, V. C. Management of CO2 absorbent while using the anesthesia machine as a mechanical ventilator on patients with covid-19. **Rev. Bras. Anesthesiol.**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 184-185, Mar./Apr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.bjane.2020.04.001>. Acesso em: 14 dez. 2020.

VÁZQUEZ, C. *et al.* Evolución genética del virus influenza A (H1N1) pdm09 en Paraguay 2009-2016. **Rev. Inst. Med. Trop.**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 3-13, dez. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327028918_Evolucion_Genetica_del_Virus_Influenza_A_H1N1_pdm09_en_Paraguay_2009-2016. Acesso em: 7 jan. 2021.

WEB OF SCIENCE. Coleção principal (Clarivate analytics). **Base de Dados**. 2020. Disponível em: <https://admin.bibliotecas.fgv.br/bases/wos>. Acesso em: 14 dez. 2020.

WHO. **Painel de controle da doença do coronavírus** (covid-19). 2021. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 16 jan. 2021.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Índice Global de Inovação 2020: Quem Financiará a inovação**. 13. ed. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_gii_2020.pdf. Acesso em: 15 jan. 2020.

ZUCKERBERG, J. *et al.* A lung for all: Novel mechanical ventilator for emergency and low-resource T settings. **Life Sciences**, Elsevier, v. 257, n. 118113, Sept. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002432052030864X?via%3Diuhub>. Acesso em: 1 dez. 2020.