

Artigo Comentado AMIB
Departamento de Fisioterapia

**Recomendações para o uso de dispositivos para aquecimento,
umidificação e filtração de gases para pacientes sob ventilação mecânica
na SARS CoV 2**

A intubação orotraqueal e conseguinte instalação da ventilação mecânica invasiva, suprimem a função das vias aéreas de aquecimento, humidificação e filtração do ar inspirado. Adicionalmente, os gases medicinais fornecidos na ventilação mecânica são desprovidos de calor e umidade. Tais déficits estão associados a danos na mucosa traqueobrônquica podendo resultar em repercussões clínicas indesejadas.

Necessitamos suplementar as funções de aquecimento, humidificação e filtração dos gases inalados quando instituímos a ventilação mecânica invasiva para a proteção do paciente, bem como, devemos prover filtração dos gases exalados para prevenir a contaminação dos ventiladores mecânicos e do ambiente.

Existem 3 classes de dispositivos:

- 1- Dispositivos para o aquecimento e humidificação de gases
- 2- Dispositivos para filtração de gases
- 3- Dispositivos para aquecimento, humidificação e filtração de gases

1- Dispositivos para aquecimento e filtração de gases:

Para aquecer e umidificar os gases, existem 2 tipos de dispositivos, os umidificadores aquecidos e as membranas trocadoras de calor e umidade (HME). Para o aquecimento e humidificação do gás inspirado deve ser escolhido apenas um destes dois dispositivos.

- a) Umidificadores aquecidos: são equipamentos que contém uma câmara com água aquecida que mediante evaporação, o vapor d'água se mistura ao gás medicinal no fluxo inspiratório aquecendo e umidificando o ar antes de ser inspirado pelo paciente. Esse dispositivo deve ser posicionado no ramo inspiratório, antes do Y do paciente.

Figura 1. São exemplos de umidificadores aquecidos.



- b) Membranas trocadoras de calor e umidade (HME): as membranas HME (*heat and moisture exchangers*) são membranas higroscópicas capazes de reter o calor e a umidade do gás expirado pelo paciente e então liberar esse calor e umidade para o gás inspirado retornando às vias aéreas do paciente. De acordo com a ISO 9360-1:2000 *Standard*, um dispositivo é considerado umidificador quando o valor de retenção de umidade for igual ou superior a 30 mg/L de vapor de água. Seu posicionamento correto é entre o Y e o tubo endotraqueal. Não se recomenda o uso da membrana HME na saída expiratória do circuito, uma vez que sua característica higroscópica pode fazer a retenção da umidade do condensado do circuito e causar obstrução do ramo expiratório. A maior parte das membranas HME disponíveis no mercado são indicadas para uso em traqueostomia em ar ambiente, com ou sem suplementação de oxigênio.

Figura 2. Foto de uma membrana HME



Figura 3. Exemplos de dispositivos de membrana HME desprovidos de filtros



2- Dispositivos para filtração de gases:

Os filtros de barreira são dispositivos que visam reter micro-organismos e assim impedir a disseminação de vírus e bactérias entre diversos níveis de contaminação que englobam pacientes, profissionais, equipamentos e o ambiente.

As membranas filtrantes são hidrofóbicas e podem exercer seu papel através de 2 tipos de filtração: mecânica e eletrostática.

De acordo com as normas EN 1822 Standard e ISO 29463, são considerados filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*) os que apresentarem eficiência de filtração para as partículas de maior penetração MPPS (*Most Penetrating Particle Size*) igual ou superior a 99,95%.

A eficiência de filtração é medida através do valor de penetração microbiana, ou seja, realiza-se uma contagem do número de micróbios que conseguiram ultrapassar o filtro pelo número total de micróbios ao qual o filtro foi exposto. Assim, a eficiência de filtração significa:

- 99,9%: passa 1 micróbio a cada 1.000 expostos;
- 99,99%: passa 1 micróbio a cada 10.000 expostos;
- 99,999%: passa 1 micróbio a cada 100.000 expostos;
- 99,9999%: passa 1 micróbio a cada 1.000.000 expostos;
- 99,99999%: passa 1 micróbio a cada 10.000.000 expostos;
- 99,999999%: passa 1 micróbio a cada 100.000.000 expostos.

a) Filtros mecânicos: apresentam alta eficiência de filtração bacteriana e viral, são confeccionados com papel de microfibras de vidro ou fibra de polímero sintético em formato plissado (pregueado), e por definição devem apresentar formato quadrado. Realizam a filtração através de 3 mecanismos complementares: interceptação direta para partículas de tamanho superior a 1 μ m, impacto da inércia para partículas de tamanho entre 1 e 0,3 μ m e

interceptação difusional para partículas menores que $0,3\mu\text{m}$. As principais características desses filtros são:

- a. Espaço morto: entre 35 e 103 mL;
- b. Resistência medida para fluxo de 60 L/min: entre 0,8 e 3,6 cmH₂O;
- c. Peso: entre 26 e 54 g;
- d. Eficiência de filtração mínima: entre 99,999% e 99,999999%;
- e. Indicação de uso: realizar filtração de barreira;
- f. Posicionamento do filtro: deve ser posicionado proximal ao ventilador, entre o ramo inspiratório do circuito e a válvula de fluxo inspiratória do ventilador e/ou entre o ramo expiratório do circuito e a válvula exalatória do ventilador.

Figura 4. Foto de uma membrana hidrofóbica plissada de filtro mecânico



Figura 5. Exemplos de filtros mecânicos



- b) Filtros eletrostáticos: têm boa eficiência de filtração bacteriana e viral, são confeccionados com fibras hidrofóbicas de polipropileno que passam por um campo de energia elétrica durante a sua fabricação, formando dipolos. O principal mecanismo de filtração deste método é através da atração de cargas opostas, embora também possa ocorrer por impacto da inércia. Por definição devem apresentar formato redondo. As principais características desses filtros são:
- Espaço morto: entre 19 e 101 mL;
 - Resistência medida para fluxo de 60 L/min: entre 0,6 e 2,5 cmH₂O;
 - Peso: entre 13 e 42 g;
 - Eficiência de filtração mínima: entre 99,9% e 99,999%;
 - Indicação de uso: realizar filtração de barreira;
 - Posicionamento do filtro: deve ser posicionado proximal ao ventilador, entre o ramo inspiratório do circuito e a válvula de fluxo inspiratória do ventilador e/ou entre o ramo expiratório do circuito e a válvula exalatória do ventilador.

Figura 6. Foto de uma membrana hidrofóbica de filtro eletrostático

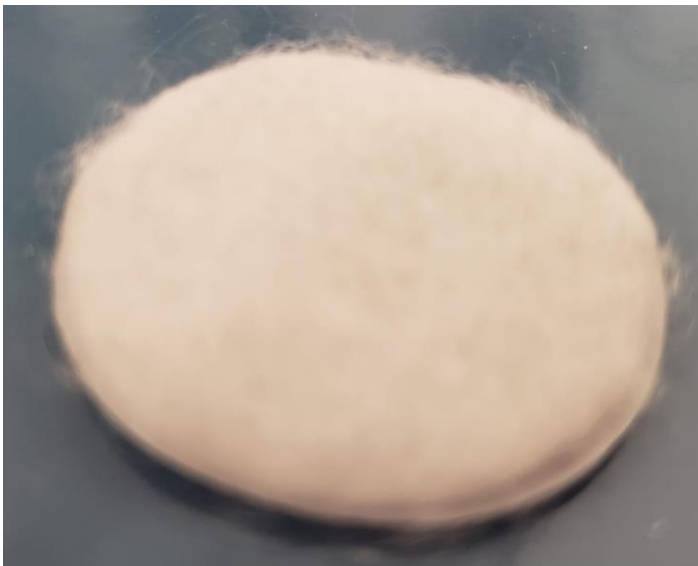


Figura 7. Exemplos de filtros eletrostáticos



3- Dispositivos para aquecimento, umidificação e filtração de gases:

Também conhecidos como dispositivos mistos, são uma combinação dos dois tipos de membrana higroscópica e hidrofóbica, ou seja, combinam troca de calor e umidade com filtração, são os FHME ou HMEF, filtros trocadores de calor e umidade.

No mercado nacional brasileiro existem FHME que combinam filtros eletrostáticos com HME e filtros mecânicos com HME. O posicionamento correto do FHME é sempre proximal ao paciente, entre o Y e o tubo endotraqueal. Por possuir membrana HME não deve ser posicionado no ramo expiratório.

As características principais do FHME vão depender das membranas que o compõe, as características de filtração serão as da membrana filtrante mecânica ou eletrostática correspondente, e as características de umidificação e aquecimento dependerão da membrana HME utilizada. Sua indicação é proteger o gás inspirado, provendo umidificação, aquecimento e filtração adequados.

Estudos de FHMEs se referem ao seu poder filtrante de gases inspirados, e embora possa haver filtração bidirecional, características importantes que impactam na eficiência de filtração diferem entre os gases inspirados e os gases expirados, como por exemplo:

- Tamanho das partículas: a eficiência de filtração é influenciada pelo tamanho das partículas. As partículas MPPS tem tamanho entre 0,1 e 0,3 micrômetros, são as partículas que conseguem burlar todo o sistema de filtração e atravessar essa membrana. O COVID-19 apresenta tamanho de 0,125 micrômetros, sendo assim, tem o tamanho de partícula que tem maior potencial de atravessar um filtro.

- Concentração de partículas: a quantidade de partículas por metro cúbico também influencia na eficiência de filtração e na saturação do sistema, sabemos que o gás expirado pode conter altas concentrações virais. Dessa forma, um filtro

com eficiência de 99,9% ou 99,99% pode não ser suficiente para conter a disseminação frente a uma exposição viral alta.

- Velocidade do gás (fluxo): quando se aumenta a velocidade do fluxo, predomina a filtração por impacto da inércia, quando se diminui a velocidade, predomina a difusão e os movimentos brownianos. A velocidade do gás também pode alterar o tamanho da partícula e portanto, sua vulnerabilidade para ser capturada pelas fibras.

- Temperatura do gás: a temperatura altera a viscosidade do fluido, o volume dos gases, a agitação das moléculas e o movimento das partículas.

Recomendamos que haja dispositivo suficiente para filtrar, aquecer e umidificar o ar inspirado para a proteção do paciente, e, devido a todas as situações explanadas, na ausência de evidências que comprovem que o FHME é suficientemente eficaz para a proteção dos gases exalados, recomendamos o uso simultâneo de um filtro de barreira no ramo expiratório, cuja função é proteger os equipamentos e o ambiente, bem como todos os que estão expostos ao referido ambiente.

É recomendado fazer o teste de calibração do circuito antes de iniciar a ventilação dos pacientes, com o circuito completamente montado e todos os filtros devidamente posicionados para minimizar efeitos de espaço morto e resistências adicionais. Os filtros tanto de barreira quanto os FHMEs podem apresentar aumento de resistência com o passar do tempo. Observe o paciente quanto aos sinais de aumento da resistência expiratória (PEEPi, limitação do fluxo expiratório) e efetue a troca dos filtros de barreira caso ocorra limitação do fluxo expiratório e a troca dos FHMEs conforme protocolo institucional.

Figura 8. FHME de filtração eletrostática



Figura 9. Diferença entre FHME de filtração eletrostática e filtro eletrostático

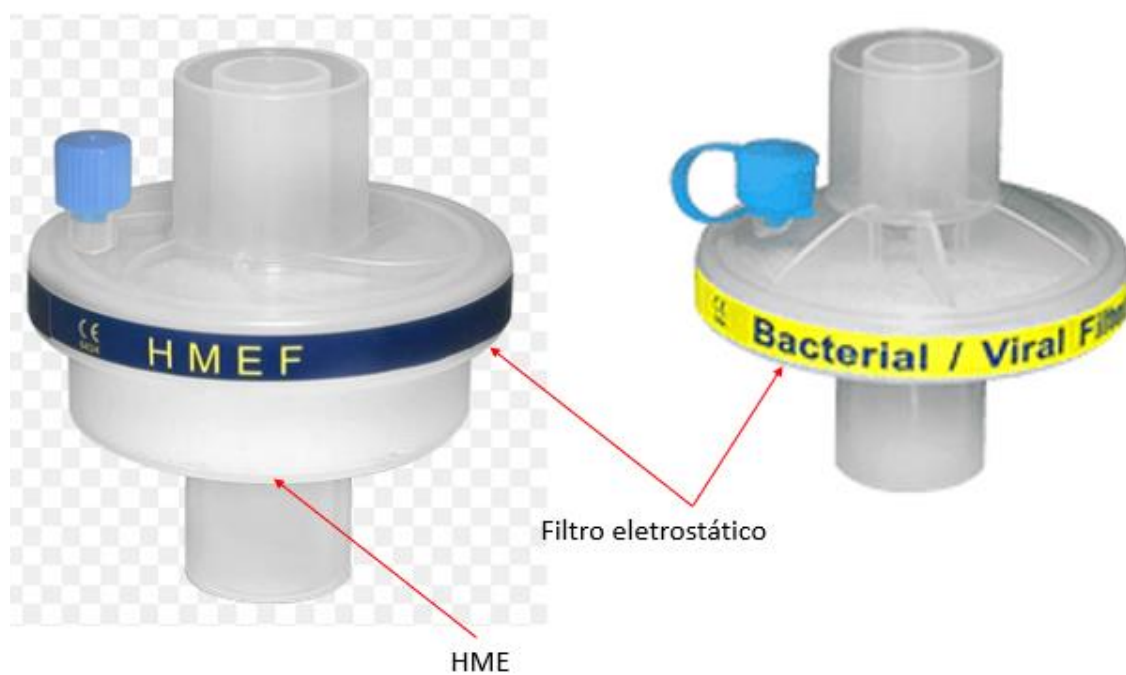
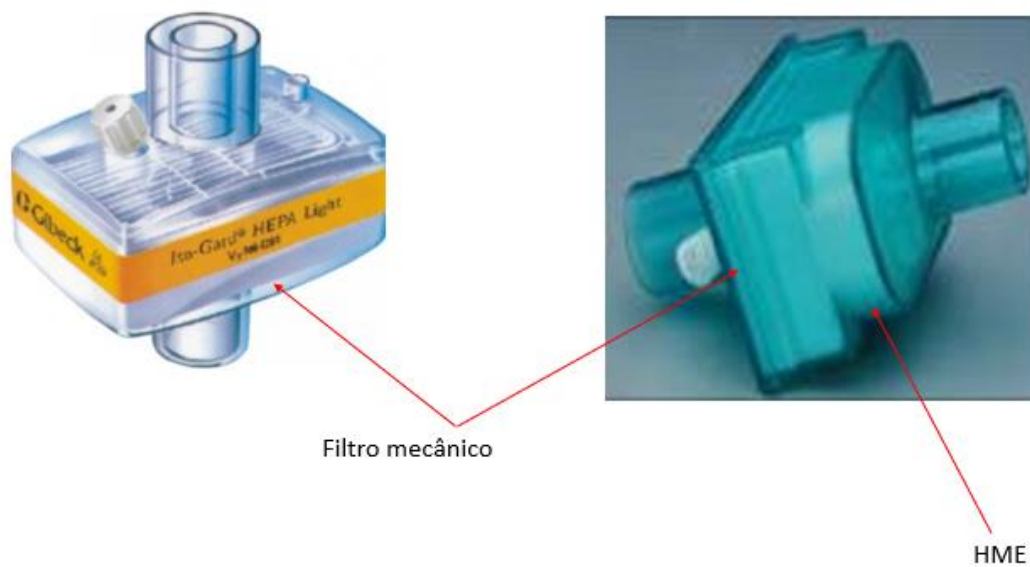


Figura 10. FHME de filtração mecânica e sua diferença com o filtro mecânico



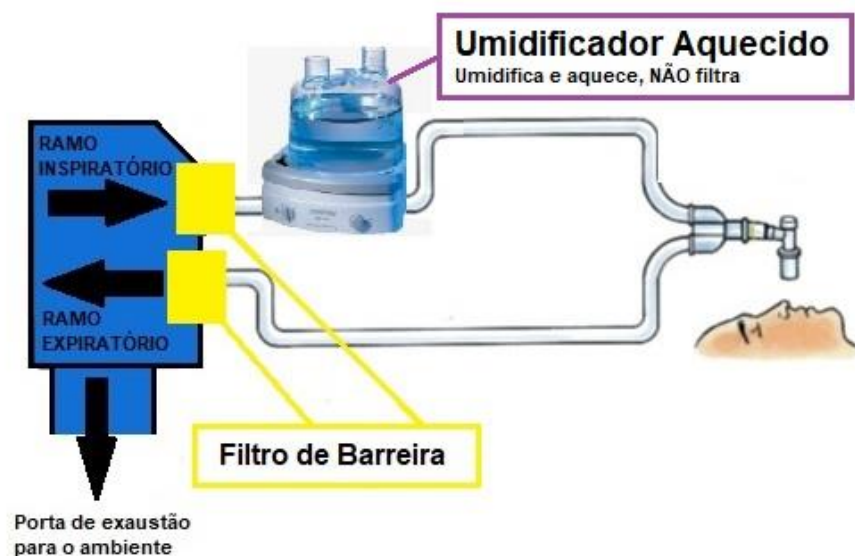
POSSÍVEIS MONTAGENS DO CIRCUITO VENTILATÓRIO:

As montagens podem ser programadas com decisão no tipo de aquecimento e umidificação escolhido para o paciente, adicionar filtração para a proteção do paciente e filtração para a proteção do ambiente. Seguem opções:

- 1- **Montagem com Umidificador Aquecido:** deve ser complementado com filtro de barreira no ramo inspiratório para o gás inalado e filtro de barreira no ramo expiratório para o gás exalado.

Figura 11. Montagem com umidificador aquecido

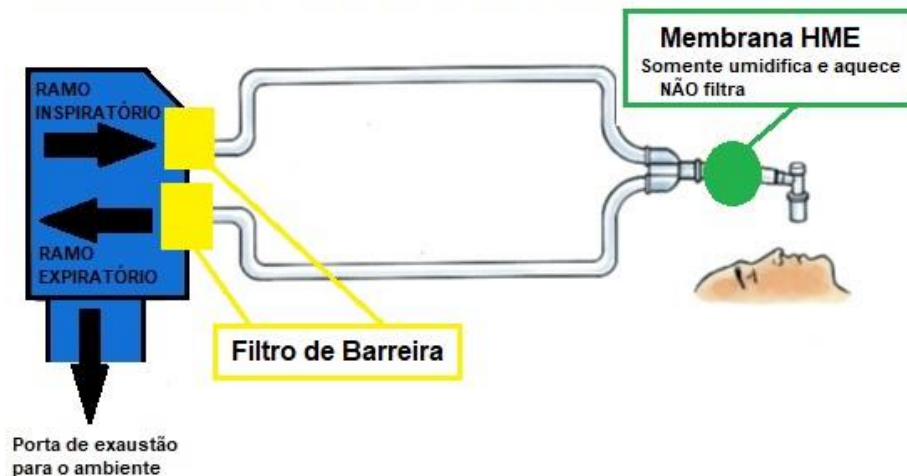
Montagem com Umidificador Aquecido:
Adicionar filtro de barreira no ramo inspiratório
Adicionar filtro de barreira no ramo expiratório



- 2- **Montagem com membrana HME (desprovida de filtro):** deve ser complementado com filtro de barreira no ramo inspiratório para o gás inalado e filtro de barreira no ramo expiratório para o gás exalado.

Figura 12. Montagem com membrana HME desprovida de filtro

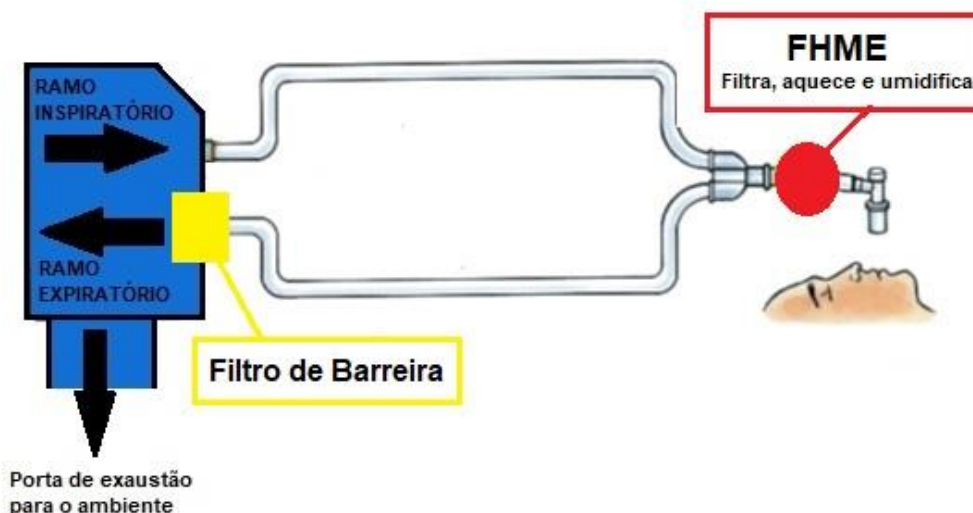
Montagem com membrana HME:
Adicionar filtro de barreira no ramo inspiratório
Adicionar filtro de barreira no ramo expiratório



- 3- **Montagem com FHME:** como esse dispositivo realiza filtração, aquecimento e umidificação do gás inspirado, deve ser complementado somente pelo filtro de barreira no ramo expiratório para o gás exalado.

Figura 13. Montagem com FHME

Montagem com FHME proximal ao paciente:
Adicionar filtro de barreira no ramo expiratório



Referências bibliográficas:

- 1- American Association for Respiratory Care. SARS CoV 2 Guidance Document 9425 N. MacArthur Blvd., Ste 100, Irving TX 75063 T: 972.243.2272 W: www.aarc.org
- 2- AMIB. Nota técnica sobre características de aparelhos ventiladores artificiais no suporte ao paciente com COVID-19.

https://www.amib.org.br/fileadmin/user_upload/amib/2020/abril/26/Nota_tecnica_sobre_caracteristicas_de_aparelhos_ventiladores_artificiais_no_suporte_ao_paciente_com_COVID-19.pdf

- 3- AMIB. Recomendações da Associação de Medicina Intensiva Brasileira para a abordagem do COVID-19 em medicina intensiva. https://www.amib.org.br/fileadmin/user_upload/amib/2020/abril/13/Recomendacoes_AMIB-atual.-16.04.pdf
- 4- Ari A, Fink JB, Pilbeam S. Secondhand aerosol exposure during mechanical ventilation with and without expiratory filters: An in-vitro study. *Ind J Resp Care* 2016; 5(1): 677-82.
- 5- BS EN 1822-1:2009. High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Part 1: Classification, performance testing, marking. [http://www.gttl.com/uploads/soft/161025/EN1822-1-2009HighEfficiencyAirFilters\(EPA,HEPAandULPA\)Part1Classification,performance.pdf](http://www.gttl.com/uploads/soft/161025/EN1822-1-2009HighEfficiencyAirFilters(EPA,HEPAandULPA)Part1Classification,performance.pdf)
- 6- Dellamonica, J, Boisseau, N, Goubaux, B, Raucoules-Aime, M. Comparison of manufacturers' specifications for 44 types of heat and moisture exchanging filters. *British Journal of Anaesthesia* 93 (4): 532–9 (2004).
- 7- Hutten, IM. Filtration Mechanisms and Theory - Chapter 2. *Handbook of Nonwoven Filter Media (Second Edition)*, 2016, Pages 53-107. 10.1016/b978-0-08-098301-1.00002-2.
- 8- Hutten, IM. Air Filter Applications - Chapter 8. *Handbook of Nonwoven Filter Media (Second Edition)*, 2016, Pages 451-519. 10.1016/b978-0-08-098301-1.00002-2.
- 9- Kilic, A, Russell, S, Shim, E, Pourdeyhimi, B. The charging and stability of electret filters. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100573-6.00025-3>
- 10- Ptak, T. (2017). Gas filtration. 10.1016/B978-0-08-100573-6.00002-2.
- 11- Rengasamy, A, Zhuang, Z, BerryAnn, R. Respiratory protection against bioaerosols: literature review and research needs. *Am J Infect Control* 2004; 32; 345-54.
- 12- Respiratory Care Committee of Chinese Thoracic Society. Expert Consensus on Preventing Nosocomial Transmission During Respiratory Care for Critically Ill Patients Infected by 2019 Novel Coronavirus Pneumonia. 2020 Feb 20;17(0):E020.
- 13- Restrepo, RD, Walsh, BK. Humidification During Invasive and Noninvasive Mechanical Ventilation: 2012. *Respir Care* 2012;57(5):782–788.
- 14- Sparks, T, Chase, G. (2016). Section 7. Filter Selection, Process Design, Testing, Optimization and Troubleshooting Guidelines. 10.1016/b978-0-08-099396-6.00012-5.
- 15- Wilkes, AR, Benbough, JE, Speight, SE, Harmer, M. The bacterial and viral filtration performance of breathing system filters. *Anaesthesia*, 2000, 55, p. 458-465.
- 16- Wilkes, AR. Heat and moisture exchangers and breathing system filters: their use in anaesthesia and intensive care. Part 1 – history, principles and efficiency. *Anaesthesia*, 2011, 66, pages 31–39.