

# Umidificação aquecida

Resumos de evidências clínicas



# Índice



## Revisões. Dos princípios à aplicação

R1. Fisiologia e defesa das vias aéreas	1
R2. Princípios fundamentais de calor e umidade	4
R3. Métodos de aquecimento e umidificação de gases inspiratórios	6
R4. Implicações da escolha do dispositivo para o ventilador e a mecânica pulmonar	8
R5. Umidificação aquecida para todos	10



<b>Resumo</b>	12
---------------	----



<b>Glossário</b>	13
------------------	----



<b>Principais referências</b>	15
-------------------------------	----



### INTRODUÇÃO

As três principais funções das vias aéreas superiores são filtrar, aquecer e umidificar os gases inspirados.<sup>1</sup> Praticamente todas as partículas são removidas, enquanto os gases inspirados são aquecidos à temperatura corporal (37 °C) e saturados a 100% de umidade relativa (44 mg de H<sub>2</sub>O/L).<sup>1</sup> Esta seção analisa os princípios da fisiologia e defesa das vias aéreas para desenvolver uma compreensão dos fatores que devem ser considerados em pacientes que recebem suporte respiratório.

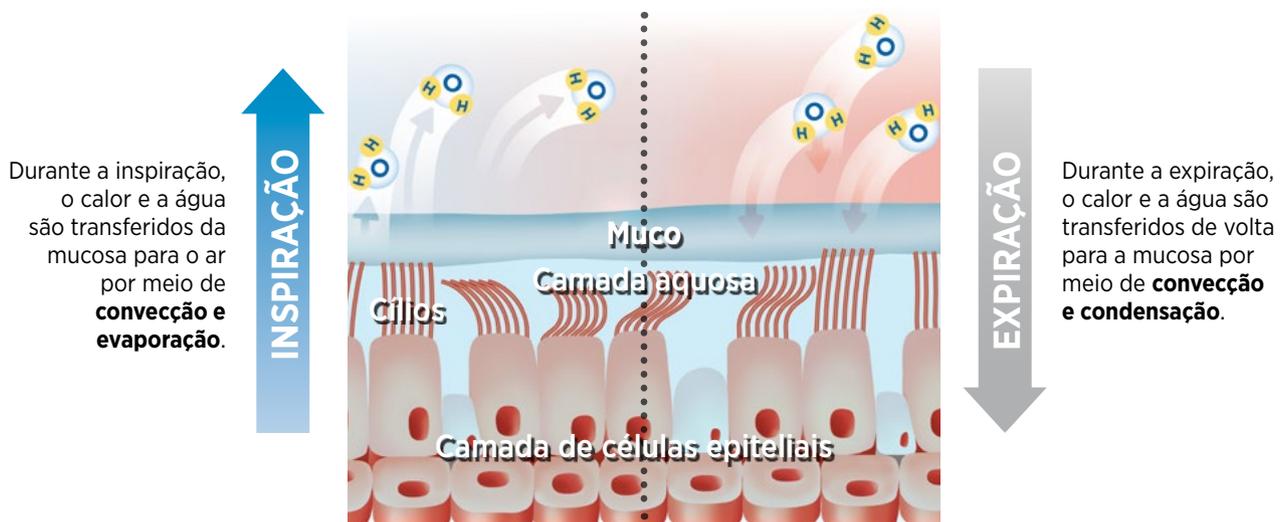
### DEFESAS DAS VIAS AÉREAS

Os principais mecanismos de defesa mecânica das vias aéreas superiores são espirros, tosse, engasgos e filtração pela mucosa nasal. Uma segunda linha de defesa é feita pelo sistema de transporte mucociliar, uma barreira física extracelular que aprisiona e neutraliza patógenos e contaminantes e os transporta para fora das vias aéreas.<sup>2</sup> Esse sistema é a única defesa mecânica remanescente das vias aéreas em pacientes com vias aéreas desviadas e depende do calor e da umidade do gás inspirado para funcionar de forma ideal.

O sistema de transporte mucociliar é composto por três camadas:<sup>2</sup>

1. Uma camada celular, incluindo células secretoras, absorventes, sensoriais e ciliadas.
2. Uma camada aquosa (fluido periciliar) – contém uma folha contínua de espessura de 5 a 6 µm de fluido de baixa viscosidade.
3. Uma camada de gel viscoelástico (muco) – compreende o muco que é secretado em resposta a contaminantes ou irritantes. O muco é composto de 95% de água e 5% de glicoproteínas, proteoglicanos e lipídios em um estado coloidal.

Os cílios na superfície das células ciliadas batem em frequência e em coordenação com os cílios das células vizinhas e são banhados pelo fluido periciliar.<sup>2</sup> Em resposta ao estímulo, a água é absorvida do fluido periciliar para formar o muco, que é atraído em direção à laringe pelo batimento dos cílios.<sup>2</sup> A função do sistema de transporte mucociliar depende da coordenação entre as camadas celular, aquosa e viscoelástica da mucosa das vias aéreas e é alterada por mudanças na frequência do batimento dos cílios, na reologia e profundidade do fluido periciliar e na reologia do muco.<sup>2</sup>



**Figura 1:** O sistema de transporte mucociliar protege as vias aéreas de detritos e, ao mesmo tempo, facilita o aquecimento e a umidificação do gás inspirado.



### CONDICIONAMENTO DO GÁS

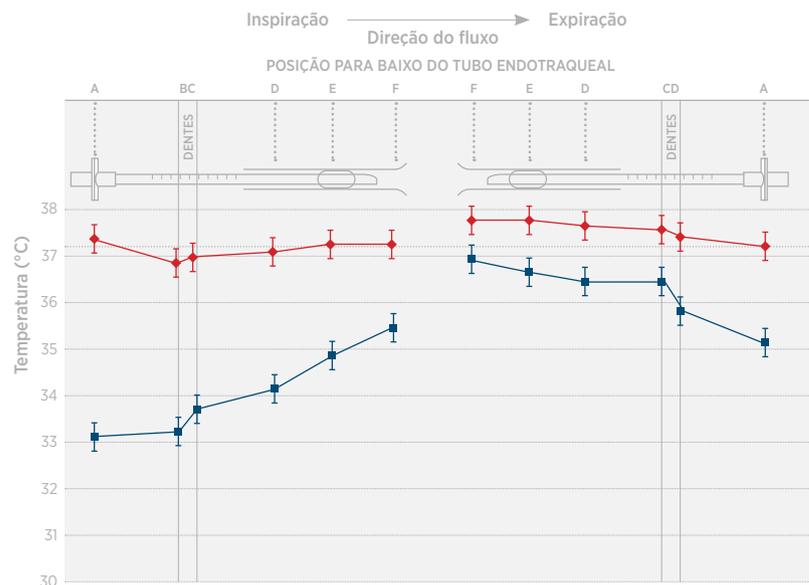
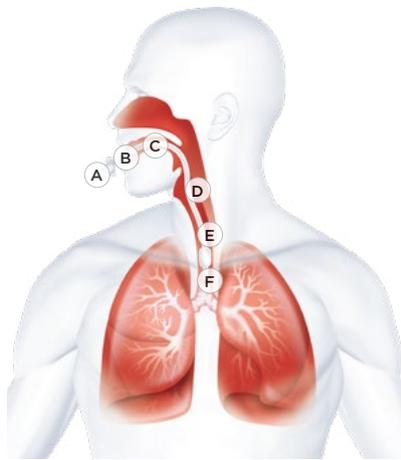
A temperatura e a umidade do gás inspirado são essenciais para o funcionamento ideal do sistema de transporte mucociliar, pois o fornecimento de calor e umidade abaixo do ideal causa uma desaceleração progressiva do sistema e uma defesa ineficiente das vias aéreas.<sup>2</sup>

Durante cada respiração, o trato respiratório adiciona calor e umidade aos gases durante a inspiração e recupera uma fração desse calor e umidade na expiração. O ar do ambiente é condicionado de modo que o gás chegue aos alvéolos na temperatura central e esteja totalmente saturado com vapor de água (44 mg de H<sub>2</sub>O/L a 37 °C, em um paciente normotérmico). Esse estado às vezes é chamado de temperatura e pressão corporal saturadas (BTPS). O ponto no sistema respiratório em que o ar inspirado atinge esse nível de calor e umidade é chamado de limite de saturação isotérmica (ISB). Está localizado em torno do nível dos brônquios principais em um adulto durante a respiração silenciosa normal de ar ambiente, mas sua posição pode variar com o calor e o teor de umidade do ar inspirado e com os padrões de respiração.<sup>3</sup>

Consequentemente, existe um gradiente de temperatura e umidade ao longo da via aérea, desde a temperatura ambiente e a umidade na abertura da via aérea até a temperatura central e a umidade relativa de 100% no ISB. A mucosa acima do ISB, que oferece calor e umidade durante a inspiração, é incompletamente aquecida e umedecida a partir da reserva sistêmica antes do início da expiração. O gás alveolar expirado encontrará, portanto, uma mucosa fria, que induz a condensação e libera umidade e energia de volta para a mucosa (Figura 1). Como resultado, há uma relação direta e dinâmica entre a umidade expirada e a inspirada.<sup>2,3</sup>

### MANUTENÇÃO DO EQUILÍBRIO DURANTE O SUPORTE RESPIRATÓRIO

Muitos aspectos da fisiologia das vias aéreas são desviados ou eliminados durante a ventilação invasiva ou são comprometidos com estratégias de ventilação não invasiva. Em particular, quando um paciente respira por meio de um tubo endotraqueal ou de traqueostomia, a via aérea superior é desviada e o gás é fornecido diretamente à via aérea inferior, com oportunidade mínima de condicionamento normal.



**Figura 2:** Alterações na temperatura ao longo da via aérea intubada de um paciente ventilado invasivamente durante a inspiração e a expiração. A linha vermelha e os diamantes representam o perfil de temperatura quando a temperatura do gás inspirado foi ajustada para 37 °C. A linha azul e os quadrados representam o perfil quando a temperatura do gás inspirado foi ajustada para 30 °C. Imagem adaptada de Ryan et al. (2002).<sup>4</sup>

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.



## R1. Revisão: Fisiologia e defesa das vias aéreas

A carga de trabalho das vias aéreas e a perda de água são neutras somente quando o gás inspirado é fornecido à temperatura corporal e saturado. Como a mucosa de um paciente intubado tem capacidade limitada de aquecer o ar inspirado através do tubo e não pode aumentar o conteúdo de água (Figura 2), o ar inspirado em uma temperatura inferior à temperatura corporal ou não totalmente saturado com vapor de água aumenta a carga de trabalho do trato respiratório inferior. Quando a ventilação mecânica durar mais do que algumas horas, os gases usados para suporte respiratório devem ser administrados às vias aéreas na temperatura corporal e saturados para minimizar a carga de trabalho no trato respiratório inferior para o funcionamento ideal das vias aéreas.<sup>4</sup>

### PONTOS PRINCIPAIS

- O sistema de transporte mucociliar é importante tanto para condicionar o ar inspirado com calor e umidade quanto para evitar que os patógenos cheguem aos pulmões.
- O gás é condicionado para a respiração desde o ponto de inspiração até o ponto do ISB por vários mecanismos.
- Quando as vias aéreas superiores são desviadas, os gases devem ser condicionados antes da inspiração para minimizar a carga de trabalho do trato respiratório inferior.

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.



## R2. Revisão: Principais básicos de calor e umidade

### INTRODUÇÃO

Esta revisão oferece uma visão geral dos principais conceitos de umidade e termorregulação, com o objetivo de facilitar a compreensão do papel que o calor e a umidade desempenham na obtenção da saúde e da função ideais das vias aéreas durante a ventilação invasiva.

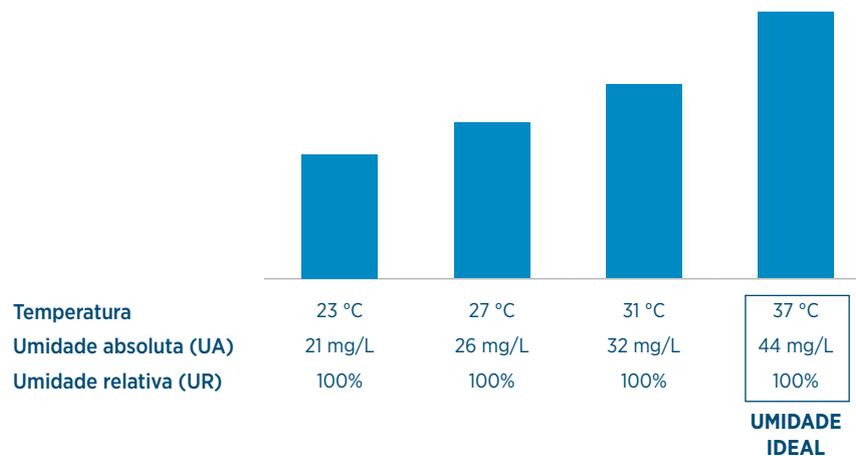
### O QUE É UMIDADE?

Umidade refere-se à presença de vapor de água na atmosfera ou em um gás e pode variar com a temperatura. A presença de vapor de água pode ser expressa de duas maneiras:<sup>3</sup>

- A umidade absoluta (UA) refere-se à massa de vapor de água retida por um volume de gás, independentemente da temperatura, e é expressa em miligramas de água por litro de gás (mg de H<sub>2</sub>O/L).
- A umidade relativa (UR) refere-se à massa de vapor de água retida por um volume de gás em relação à massa máxima de água que o volume de gás poderia reter em uma determinada temperatura e é expressa como uma porcentagem.

Há uma relação fixa entre a umidade absoluta, a umidade relativa e a temperatura. O gás é descrito como saturado, ou seja, com 100% de UR, quando está retendo vapor de água em sua capacidade máxima para uma determinada temperatura. Entretanto, quando o gás saturado é aquecido, sua capacidade de reter água aumenta. Portanto, embora o conteúdo absoluto de água permaneça inalterado, o aumento da capacidade significa que a umidade relativa do gás diminui (<100% de UR). De modo inverso, quando o gás saturado é resfriado, sua capacidade de reter vapor de água diminui e o excesso de vapor de água que agora não pode ser armazenado é perdido na forma de condensação. Depois o gás atinge um novo equilíbrio de saturação na temperatura mais baixa.<sup>2</sup>

O PRÓPRIO VAPOR DE ÁGUA  
REFERE-SE ÀS MOLÉCULAS  
DE ÁGUA NO  
ESTADO GASOSO, QUE  
SÃO INVISÍVEIS AOS OLHOS.



**Figura 3:** A capacidade do gás de reter vapor de água aumenta com a temperatura. Quando o gás é aquecido, o teor máximo de água que ele pode manter aumenta. Todas essas amostras estão saturadas (100% de UR), mas contêm diferentes níveis absolutos de vapor de água.

A energia total do ar é composta de calor sensível (refletido na temperatura do ar) e calor latente (refletido na massa de vapor de água). Alterar a temperatura da água requer aproximadamente o dobro de energia do que a alteração da temperatura do gás. A mudança da temperatura do gás sem uma alteração do teor de vapor de água tem apenas um pequeno efeito sobre a energia total do gás em comparação com a absorção de energia da adição de vapor de água. Consequentemente, o ar umidificado contém mais energia do que o ar seco na mesma temperatura.

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.



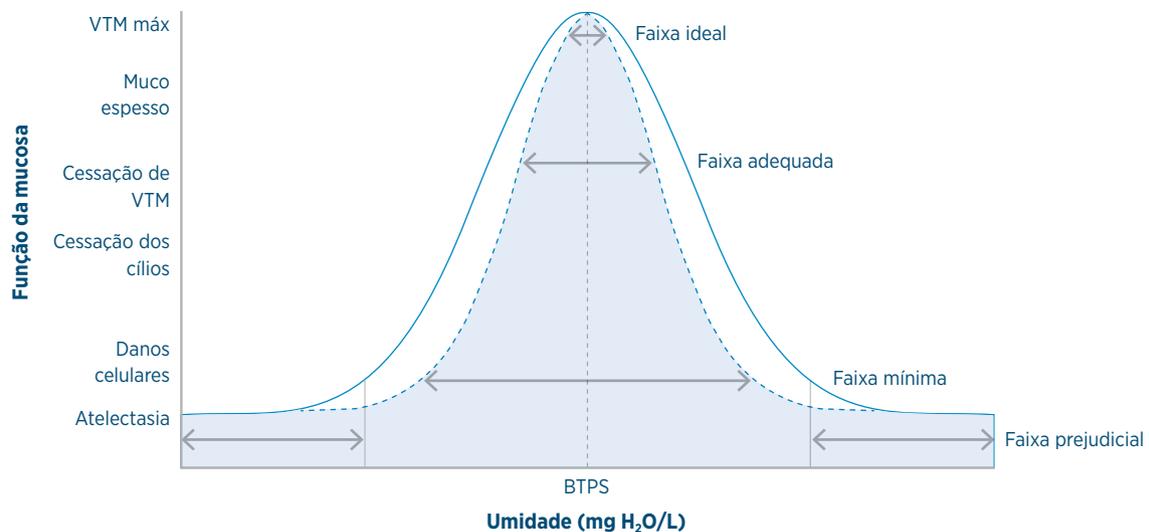
## R2. Revisão: Principais básicos de calor e umidade

### O QUE É UMIDADE IDEAL?

No contexto do paciente intubado, a umidade ideal refere-se ao fornecimento de gás inspirado à temperatura corporal e saturada (37 °C, 100% de UR), o que torna o gás termodinamicamente neutro.<sup>4</sup> A carga de trabalho e a perda de água nas vias aéreas aumentam linearmente à medida que o gás inspirado diminui em relação a esses níveis ideais, assim como a ocorrência de disfunção mucociliar.<sup>2</sup>

Foi comprovado que a temperatura e a umidade do gás inspirado são determinantes fundamentais da função da mucosa. Somente o gás inspirado que está condicionado à temperatura central e com 100% de saturação permite a velocidade ideal de transporte mucociliar (Figura 4).

A Figura 4 é uma representação gráfica da função da mucosa versus a umidade inspirada. Ela mostra um contínuo de disfunção da mucosa com qualquer desvio da umidade ideal. O grau em que o desvio da umidade ideal afeta a função da mucosa depende da magnitude do desvio do ideal, da duração do desvio e da saúde do paciente.



**Figura 4:** Função da mucosa vs. curva de umidade inspirada. Imagem adaptada de Williams et al. (1996).<sup>2</sup>

Abreviações: BTPS, temperatura e pressão corporal, saturada com vapor de água; VTM, velocidade de transporte mucociliar.

A curva é exclusiva para cada contexto individual de paciente e fatores de terapia; no entanto, a forma parábólica da curva deve ser semelhante entre os indivíduos.<sup>2</sup> Espera-se que a curva se estreite com a saúde debilitada, pois pressupõe que o paciente em estado crítico tenha outras demandas sistêmicas que o tornem menos tolerante à massa de água e aos desafios térmicos à mucosa das vias aéreas. Isso pode ocorrer quando o paciente está intubado, quando o gás é fornecido em altas taxas de fluxo ou quando a terapia continua por um período prolongado. Essa variação significa que os requisitos de umidificação podem variar entre os pacientes ou mudar para um único paciente ao longo do tempo.<sup>5</sup>

### PONTOS PRINCIPAIS

- Há uma relação fixa entre a umidade absoluta, a umidade relativa e a temperatura.
- O grau em que o desvio da umidade ideal afeta a função da mucosa depende da extensão e da duração do desvio, bem como da saúde do paciente.

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.



## R3. Métodos de aquecimento e umidificação de gases inspiratórios

### INTRODUÇÃO

Há uma forte justificativa para fornecer gás inspiratório a pacientes intubados o mais próximo possível da umidade ideal. Esta revisão descreve e compara os métodos disponíveis para aquecimento e umidificação de gases respiratórios e sua aplicabilidade aos requisitos do paciente e da terapia.

Os gases medicinais e o ar ambiente geralmente são muito mais secos do que nossos pulmões precisam, forçando o sistema respiratório a compensar (Tabela 1).<sup>6</sup>

**Tabela 1:** Medições de temperatura média e umidade relativa (UR) para gases medicinais canalizados e ar ambiente no Royal Women's Hospital (Melbourne, Austrália) em comparação com a umidade ideal para a função respiratória. Dados de Dawson et al. (2014).<sup>6</sup>

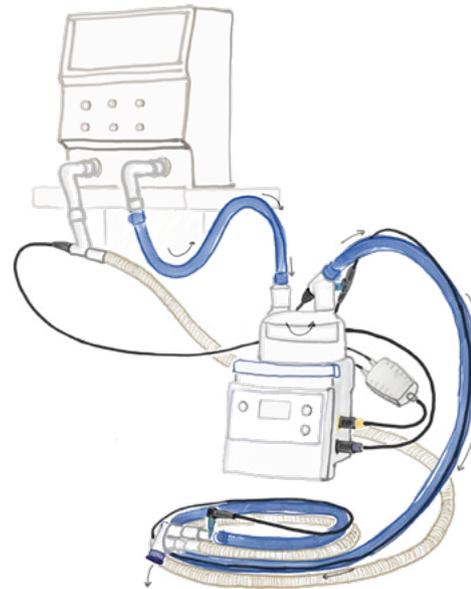
Oxigênio medicinal (na tomada elétrica)	Ar ambiente	Umidade ideal
23 °C	23 °C	37 °C
2,1% UR	41,1% UR	100% UR
0,4 mg de H <sub>2</sub> O/L	8,4 mg de H <sub>2</sub> O/L	44 mg de H <sub>2</sub> O/L

A umidificação dos gases respiratórios antes do fornecimento das vias aéreas é obtida geralmente por meio da umidificação ativa usando um umidificador aquecido ou da umidificação passiva usando um trocador de calor e umidade (HME). Ambos agem para aquecer o gás e adicionar umidade, adicionando energia.<sup>3,5</sup> O grau em que fazem isso e as circunstâncias em que são apropriados variam de acordo com o tipo de dispositivo.

### PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS UMIDIFICADORES ATIVOS E PASSIVOS

Os umidificadores ativos permitem que o ar seja transportado em um reservatório de água aquecida. A água dentro da câmara evapora, adicionando vapor de água ao caminho do gás. O vapor de água não pode transmitir infecções,<sup>3</sup> pois as moléculas de água são muitas vezes menores do que as bactérias e os vírus. O umidificador ativo é colocado no ramo inspiratório do circuito do ventilador, próximo ao ventilador. Depois que o gás passa pelo reservatório e ganha umidade, o gás passa pelo ramo inspiratório até as vias aéreas do paciente (Figura 5).<sup>3,5</sup>

Os HMEs passivos (também chamados de narizes artificiais) imitam a ação umidificadora da cavidade nasal. Os HMEs são colocados entre a peça em Y e as vias aéreas do paciente.<sup>3</sup> Esses dispositivos contêm um elemento condensador que retém a umidade na expiração para que, quando a próxima respiração inspirada passar por ele, possa ganhar calor e umidade passivamente. Ao contrário do que ocorre quando se usa um HH, isso significa que a capacidade de condicionamento de um HME depende do fornecimento de calor e umidade pelo paciente.<sup>5</sup> Há uma heterogeneidade considerável no desempenho de umidificação dos HMEs, com valores de umidade absoluta entre 48 dispositivos testados que variam de 17 a 32 mg de H<sub>2</sub>O/L.<sup>7</sup>



**Figura 5:** Os umidificadores ativos adicionam calor e umidificação aos gases medicinais antes da inspiração. As setas indicam o fluxo de gás para o paciente para inspiração por meio do ramo inspiratório (azul).

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.



## R3. Métodos de aquecimento e umidificação de gases inspiratórios

### RECOMENDAÇÕES E CONTRAINDICAÇÕES

Não há contraindicações para o princípio de adicionar calor e umidade aos gases inspirados, nem para o uso de um umidificador aquecido para fazer isso. Entretanto, há alguns casos em que os HMEs são contraindicados (Tabela 2).

A Tabela 2 resume as recomendações da American Association for Respiratory Care (AARC) para umidificação durante o suporte respiratório invasivo e não invasivo em todas as populações.<sup>8</sup> A AARC recomenda o uso de um umidificador ativo em vez de um HME para ventilação não invasiva com base em dados que indicam maior conforto e tolerância do paciente.

**Tabela 2:** Recomendações da American Association for Respiratory Care para umidificação durante o suporte respiratório invasivo e não invasivo.<sup>8</sup>

A umidificação é recomendada para <b>todos</b> os pacientes submetidos à ventilação invasiva.	Ao oferecer HME a pacientes submetidos à ventilação invasiva, sugere-se que seja usado um nível <b>mínimo</b> de umidade de 30 mg de H <sub>2</sub> O/L.
Os dispositivos de umidificação ativa são recomendados para <b>suporte respiratório não invasivo</b> , pois podem melhorar a adesão e o conforto do paciente.	Os HMEs <b>não são recomendados</b> para ventilação não invasiva.
Sugere-se que o dispositivo de umidificação ativa atinja um nível de umidade entre 33 e 44 mg de H <sub>2</sub> O/L e 34 a 41 °C na peça em Y do circuito e umidade relativa de 100%.	Os HMEs <b>não são recomendados</b> para pacientes com volumes correntes baixos (como quando são usadas estratégias de ventilação protetora do pulmão) devido à <b>adição de espaço morto</b> .
Devido às características e aos mecanismos de funcionamento dos HMEs, eles são <b>contraindicados</b> em alguns grupos de pacientes, incluindo aqueles com secreções francamente sanguinolentas ou espessas e abundantes, um volume corrente expirado <70% do volume corrente fornecido, uma temperatura corporal <32 °C e aqueles em ventilação não invasiva com grandes vazamentos de máscara.	

Além das contraindicações absolutas para os HMEs especificadas pela AARC em pacientes que recebem suporte ventilatório, há muitos outros contextos nos quais foram levantadas preocupações significativas sobre o uso de HMEs na literatura.

### PONTOS PRINCIPAIS

- A adição de calor e umidificação aos gases fornecidos durante o suporte respiratório é benéfica para os pacientes, independentemente do método de fornecimento. No entanto, o benefício da adição de calor e umidade é maximizado quando o ar inspirado está mais próximo das condições fisiológicas normais.
- Atualmente, não há contraindicações publicadas para o aquecimento e a umidificação de gases respiratórios ou para a realização desse processo com um umidificador aquecido. Há muitos contextos em que o uso de um HME é contraindicado.

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.



### INTRODUÇÃO

Enquanto os umidificadores aquecidos são colocados no ramo inspiratório do circuito, próximo ao ventilador, os dispositivos HME são colocados entre a peça em Y e o paciente, próximo às vias aéreas.<sup>5</sup> O posicionamento dos dispositivos HME pode aumentar a resistência ao fluxo de ar não apenas durante a inspiração, mas também durante a fase expiratória.<sup>5</sup> Esta revisão destaca as diferenças entre os dispositivos de umidificação ativa e HME tanto para a mecânica do ventilador quanto para a mecânica pulmonar, com foco nos impactos sobre o paciente.

### EFEITOS NO VENTILADOR

O uso de dispositivos de umidificação ativa em pacientes submetidos à ventilação mecânica controlada por volume permite o uso de volumes correntes menores em condições isocápnicas em comparação com os HMEs, levando a uma redução na pressão de platô das vias aéreas e na pressão de acionamento.<sup>9,10</sup> Em um estudo cruzado com 18 pacientes com lesão cerebral e síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), a substituição do HME por umidificação ativa permitiu uma redução média no volume corrente de 120 mL ( $P < 0,001$ , 95% IC [98, 144]), e redução da pressão de platô nas vias aéreas e da driving pressure em 3,7 cmH<sub>2</sub>O ( $P < 0,001$ , 95% IC [-29, -4,3]).<sup>10</sup> A redução no volume corrente e na driving pressure estão entre os fatores modificáveis mais importantes capazes de melhorar a sobrevivência nos pacientes com SDRA.<sup>10</sup> É importante ressaltar que, para pacientes com lesão cerebral, essa abordagem não está associada ao não recrutamento alveolar, hipoxemia, mudanças na perfusão cerebral ou fluxo de sangue alterado.<sup>10</sup>

Em pacientes que recebem ventilação com suporte de pressão, o uso de um umidificador ativo pode reduzir os requisitos de suporte a pressão em comparação com o HME, o que pode ajudar no desmame da ventilação mecânica.<sup>11,12</sup> Um estudo cruzado e randomizado com 11 pacientes com insuficiência respiratória crônica constatou que um aumento na ventilação com suporte de pressão de  $\geq 8$  cmH<sub>2</sub>O era necessário para compensar os efeitos do uso de um HME em comparação com o uso de um umidificador ativo.<sup>11</sup>



### EFEITOS SOBRE OS PULMÕES E O ESFORÇO INSPIRATÓRIO

Em pacientes submetidos à ventilação mecânica controlada por volume, o uso de umidificador ativo em vez de HMEs reduz o espaço morto total sem afetar o espaço morto alveolar.<sup>9,10</sup> Em um estudo com 17 pacientes com lesão pulmonar aguda ou SDRA (de acordo com os critérios da Conferência de Consenso Americana-Europeia), a substituição de HME por umidificação ativa levou a uma redução significativa nos níveis de PaCO<sub>2</sub> (40 vs. 46 mmHg,  $P < 0,001$ ) e a uma melhora significativa na complacência do sistema respiratório (42 vs. 35 mL/cmH<sub>2</sub>O,  $P < 0,001$ ).<sup>9</sup>

Em comparação com o HME, o uso de umidificação ativa reduz o esforço inspiratório em pacientes que recebem ventilação com suporte de pressão.<sup>11,12</sup> No estudo de Girault et al. (2003), a mudança para um HME também produziu acidose respiratória grave, que não pôde ser compensada pelo aumento do volume minuto de 1,0 L/min ( $P < 0,005$ ).<sup>11</sup>

Os níveis significativamente mais altos de PaCO<sub>2</sub> observados durante o uso do HME em comparação com a umidificação ativa (de 1,5 ou 1,9 kPa, dependendo do nível de ventilação com pressão de suporte, ambos com  $P < 0,01$ ) também causaram um desconforto respiratório significativo para os pacientes.<sup>11</sup>



## R4. Revisão: Implicações da escolha do dispositivo para o ventilador e a mecânica pulmonar

### PONTOS PRINCIPAIS

- A escolha do dispositivo de umidificação pode ter consequências significativas para o manejo do ventilador.
- Um dispositivo de umidificação ativa permite o uso de estratégias de ventilação protetora do pulmão e pode melhorar a complacência do sistema respiratório em comparação com um HME.
- O uso de umidificação ativa reduz os requisitos de suporte de pressão e reduz o esforço inspiratório em comparação com um HME.

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.



### INTRODUÇÃO

A umidificação aquecida reduz a necessidade de recuperação de calor e umidade do gás expirado e minimiza a perda sistêmica de calor e umidade.<sup>2</sup> Quando o ar é fornecido com a umidade ideal, a reologia e o volume normal de secreções das vias aéreas são mantidos, a depuração mucociliar é maximizada e as reações inflamatórias decorrentes de desequilíbrios térmicos ou de fluidos nas vias aéreas são evitadas.<sup>2</sup> A patência das vias aéreas e a complacência pulmonar são mantidas, preservando a mecânica pulmonar.<sup>2</sup> A defesa ideal das vias aéreas pelo sistema de transporte mucociliar ocorre somente quando o gás inspirado está à temperatura e pressão do corpo, saturados (BTSP).<sup>2</sup>

Esta revisão concentra-se em evidências clínicas específicas que demonstram como o uso de umidificadores aquecidos ativos (HH) em comparação com trocadores passivos de calor e umidade (HME) influencia os resultados em pacientes submetidos à ventilação mecânica.

### EVIDÊNCIAS DA LITERATURA

#### REDUCED AIRWAY BURDEN *Thomachot et al., 2001*

- Um estudo cruzado e randomizado com 10 pacientes de UTI submetidos à ventilação mecânica avaliou se a mudança na temperatura traqueal é uma estimativa confiável da perda total de calor respiratório.
- Os pacientes foram ventilados por três períodos consecutivos de 24 horas com dispositivos umidificador ativo, HME hidrofóbico e HME higroscópico.
- A perda total de calor respiratório foi significativamente menor com o umidificador ativo do que com os dois dispositivos HME ( $P < 0,01$ ).
- O umidificador ativo foi o dispositivo com melhor desempenho em relação à maximização da umidade relativa e da umidade absoluta do gás inspirado.<sup>13</sup>

#### IMPROVED SECRETION QUALITY *Martin et al., 1990*

- Um estudo prospectivo e randomizado com 73 pacientes de UTI submetidos à ventilação mecânica comparou a segurança e a eficiência de um dispositivo HME filtrado e um dispositivo umidificador ativo.
- Secreções brônquicas espessas e tenazes ocorreram em 4% dos dias no grupo HME em comparação com nenhum dia no grupo umidificador ativo ( $P < 0,02$ ).
- A oclusão da cânula de traqueostomia ocorreu em seis ocasiões em seis pacientes do grupo HME, em comparação com nenhuma ocasião no grupo umidificador ativo ( $P < 0,01$ ).
- A hipotermia ocorre em 22% dos dias no grupo HME em comparação com 12% dos dias no grupo HH ( $P < 0,01$ ).
- Os autores concluíram que o HME não poderia fornecer a umidificação adequada e, em pacientes com volume minuto  $>10$  L/min, poderia levar a um risco maior de oclusão da cânula traqueal. Eles também observaram que as instalações traqueais por si só nem sempre oferecem proteção suficiente contra obstruções das vias aéreas.<sup>14</sup>

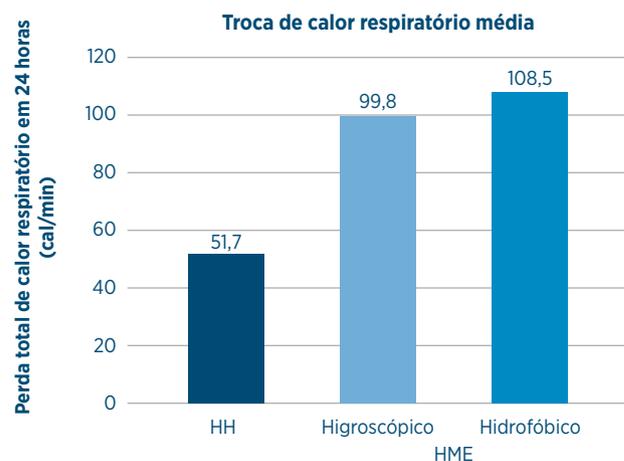
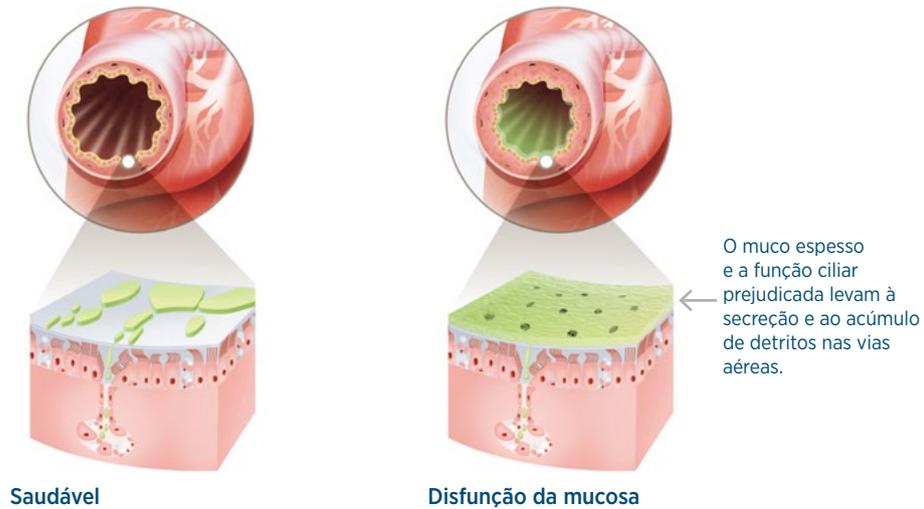


Figura 6: Perda média de calor respiratório em 24 horas com o uso de umidificação ativa ou passiva. Dados de Thomachot et al., 2001.<sup>13</sup>



## R5. Revisão: Umidificação aquecida para todos



**Figura 7:** Desvios da umidade ideal prejudicam progressivamente o transporte mucociliar e podem aumentar o risco de obstrução das vias aéreas.

### REDUCED AIRWAY OBSTRUCTION IN COVID-19 PATIENTS *GINESTRA ET AL., 2020*

- Um relato de uma experiência multicêntrica na Pensilvânia, EUA, antes e depois da implementação de um protocolo revisado de gerenciamento de vias aéreas para pacientes ventilados mecanicamente com COVID-19.
- No início do surto de COVID-19, os centros começaram a usar HMEs, com base na percepção de que eles poderiam reduzir a exposição dos profissionais de saúde.
  - Após essa mudança, os relatos de complicações nas vias aéreas aumentaram.
  - Uma revisão da literatura encontrou poucas evidências de que os HMEs oferecem proteção aos profissionais de saúde.
- Um protocolo revisado exigiu o uso de dispositivos de umidificação ativa em vez de HMEs para todos os circuitos de ventilação novos e existentes. Todos os pacientes ventilados mecanicamente nas UTIs foram trocados de HMEs para umidificação ativa em 24 horas.<sup>15</sup>
  - Uma análise retrospectiva em dois dos locais constatou que, antes da revisão do protocolo, 36% dos pacientes extubados rotineiramente precisavam ser reintubados em 48 horas e 9,2% dos pacientes apresentavam obstrução do tubo endotraqueal (COT), o que exigia a troca urgente da COT.
  - Após a revisão do protocolo, a taxa de reintubações diminuiu para 9% dos pacientes, e a taxa de obstruções na COT que exigiam troca diminuiu para 0,71% dos pacientes.
  - Não houve reintubações dentro de 48 horas após a extubação nos últimos 19 dias do estudo de 6 semanas.

### PONTOS PRINCIPAIS

- A natureza independente dos dispositivos de umidificação ativa permite que eles maximizem a umidade do gás inspirado e minimizem a perda de calor respiratório em pacientes ventilados mecanicamente quando comparados aos HMEs.
- Quando comparado a um HME, o uso de um dispositivo de umidificação ativa em pacientes com ventilação mecânica reduz a incidência de oclusão artificial das vias aéreas.
- Esses efeitos são particularmente importantes para pacientes com condições que os colocam em alto risco de complicações nas vias aéreas (por exemplo, COVID-19).

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.

- O grau em que o desvio da umidade ideal afeta a função da mucosa depende da extensão e da duração do desvio, bem como da saúde do paciente.

- A natureza independente dos dispositivos de umidificação ativa permite que eles maximizem a umidade do gás inspirado e minimizem a perda de calor respiratório em pacientes ventilados mecanicamente quando comparados aos HMEs.

- Atualmente, não há contraindicações publicadas para o aquecimento e a umidificação de gases respiratórios ou para a realização desse processo com um dispositivo de umidificação ativa. Há muitos contextos em que o uso de um HME é contraindicado.

- Um dispositivo de umidificação ativa permite o uso de estratégias de ventilação protetora do pulmão e melhora a conformidade do sistema respiratório em comparação com um HME.

- Quando comparado a um HME, o uso de um dispositivo de umidificação ativa em pacientes com ventilação mecânica reduz a incidência de oclusão artificial das vias aéreas.

## AARC

American Association for Respiratory Care (Associação Americana de Cuidados Respiratórios).

## UMIDADE ABSOLUTA (UA)

A quantidade de vapor de água presente no ar, independentemente da temperatura (expressa em mg H<sub>2</sub>O/L).

## ACIDOSE

Excesso de ácido nos fluidos corporais (pH baixo <7,35). A acidose respiratória pode ser causada pela depuração comprometida e pelo acúmulo subsequente de dióxido de carbono.

## SÍNDROME DO DESCONFORTO RESPIRATÓRIO AGUDO (SDRA)

Síndrome em que o sistema respiratório falha em uma ou ambas as funções de troca gasosa: oxigenação e eliminação de dióxido de carbono.

## INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA AGUDA (IRA)

Diminuição da absorção de oxigênio causa baixo nível de oxigênio no sangue (hipoxemia), bem como diminuição da eliminação de dióxido de carbono, o que pode causar alto nível de dióxido de carbono (hipercapnia).

## ALVÉOLOS

Pequenos sacos de ar nos pulmões por onde o oxigênio entra e o dióxido de carbono sai da corrente sanguínea.

## ATELECTASIA

Diminuição ou ausência de ar no pulmão, resultando em uma perda de volume pulmonar.

## TEMPERATURA E PRESSÃO CORPORAL, SATURADO (BTPS)

Um estado de temperatura corporal, pressão ambiente e vapor de água saturado (100% de umidade relativa).

## CÍLIOS

Estruturas parecidas com pelos na superfície das células epiteliais do trato respiratório.

## ESPAÇO MORTO

Um volume de gás que não participa da troca de gases; é comum às passagens inspiratória e expiratória. Há diferentes tipos de espaço morto, incluindo:

- Espaço morto alveolar: Alvéolos que são ventilados, mas não perfundidos e, portanto, não podem fornecer oxigênio ao sangue.
- Espaço morto anatômico: Volume de gás dentro da zona condutora dos pulmões e das vias aéreas superiores (quantidade de volume que não entra nos alvéolos).
- Espaço morto instrumental (também chamado de espaço morto mecânico): Volume devido à presença de equipamentos que resultam em reinalação de gases.
- Espaço morto fisiológico: Espaço morto alveolar e anatômico.

## PONTO DE CONDENSAÇÃO

A temperatura na qual o ar está totalmente saturado com vapor de água (100% de umidade relativa), abaixo da qual o vapor de água se condensará para formar água líquida.

## TUBO ENDOTRAQUEAL (COT)

Uma via aérea artificial inserida na via aérea traqueobrônquica de um paciente pela boca ou pelo nariz e que passa pelas cordas vocais. A extremidade externa do tubo se conecta a um reanimador manual ou a um circuito conectado a um ventilador.

## EXTUBAÇÃO

Retirada de um tubo endotraqueal (COT) das vias aéreas de um paciente.

## CAPACIDADE RESIDUAL FUNCIONAL (CRF)

O volume de ar que permanece nos pulmões após uma fase expiratória típica; importante para manter os pulmões abertos após a expiração e continuar a troca gasosa passiva.

## UMIDIFICADOR AQUECIDO (HH)

Um dispositivo que adiciona ativamente calor e vapor de água ao gás inspirado por meio de fontes externas.

## TROCADOR DE CALOR E UMIDADE (HME)

Um dispositivo de umidificação passiva projetado para coletar e reter parte do calor e da umidade da respiração exalada do paciente e devolvê-los à mistura de gás inspirado durante a inspiração.

## INTUBAÇÃO

A inserção de um tubo endotraqueal (COT) na traqueia.

## **PONTO DE SATURAÇÃO ISOTÉRMICA (ISB)**

O ponto dentro do trato respiratório no qual o ar inspirado é condicionado à temperatura corporal e 100% de umidade relativa e abaixo do qual o condicionamento de ar permanece constante.

## **VENTILAÇÃO INVASIVA**

O uso de uma via aérea artificial invasiva para auxiliar mecanicamente ou substituir a respiração espontânea quando um paciente for incapaz de fazê-lo. Frequentemente usada de forma intercambiável com ventilação mecânica.

## **SISTEMA DE TRANSPORTE MUCOCILIAR (STM)**

Um sistema de defesa das vias aéreas que retém os contaminantes no muco e os transporta para fora das vias aéreas por meio do batimento ciliar.

## **VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA (VNI)**

O fornecimento de suporte ventilatório com pressão positiva sem a necessidade de uma via aérea artificial invasiva.

## **UMIDADE IDEAL**

A condição na qual o gás inspirado é aquecido e umidificado nas vias aéreas. Em um paciente normotérmico, esse valor é 37 °C e 44 mg H<sub>2</sub>O/L (BTPS).

## **PRESSÃO PARCIAL DE OXIGÊNIO ARTERIAL (PaO<sub>2</sub>)**

A parte da pressão total do gás no sangue exercida pelo gás oxigênio - uma medida da quantidade de oxigênio dissolvida no sangue e da capacidade do dióxido de carbono de sair do corpo.

## **PRESSÃO PARCIAL DE DIÓXIDO DE CARBONO (PaCO<sub>2</sub>)**

A pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial - um dos componentes medidos no teste de gasometria arterial e é diagnóstico de hipercapnia.

## **VIAS AÉREAS PATENTES**

Uma via aérea aberta e desobstruída.

## **PRESSÃO DE PICO INSPIRATÓRIA (PIP)**

A maior pressão aplicada aos pulmões durante a inspiração.

## **PRESSÃO POSITIVA EXPIRATÓRIA FINAL (PEEP)**

No contexto de um sistema de fornecimento de pressão positiva nas vias aéreas, a PEEP é a pressão positiva nas vias aéreas administrada durante a fase expiratória do ciclo respiratório.

## **ESTUDO CONTROLADO RANDOMIZADO (RCT)**

Os participantes são alocados aleatoriamente para receber ou não receber intervenções clínicas com o objetivo de comparar resultados selecionados entre os grupos. Esse processo visa reduzir as fontes de viés.

## **UMIDADE RELATIVA (UR)**

A quantidade de vapor de água presente no ar, expressa como uma porcentagem da quantidade necessária para a saturação na mesma temperatura.

## **FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA**

O número de respirações em um período específico.

## **SATURAÇÃO**

Descreve o estado de um gás que tem 100% de umidade relativa.

## **VOLUME CORRENTE (V<sub>T</sub>)**

O volume inspirado ou expirado por respiração.

## **TRAQUEOSTOMIA**

Uma abertura artificial no pescoço até a traqueia.

## **TRABALHO RESPIRATÓRIO (WOB)**

A força necessária para expandir os pulmões contra suas propriedades elásticas.

# PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

1. Jackson C. Humidification in the upper respiratory tract: a physiological overview. *Intensive Crit Care Nurs.* 1996; 12(1):27-32.
2. Williams RB, Rankin N, Smith T, Galler D, Seakins P. Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of airway mucosa. *Crit Care Med.* 1996;24(11):1920-9.
3. Schulze A. Respiratory gas conditioning and humidification. *Clin Perinatol.* 2007;34(1):19-33.
4. Ryan SN, Rankin N, Meyer E, Williams R. Energy balance in the intubated human airway is an indicator of optimal gas conditioning. *Crit Care Med.* 2002 Feb;30(2):355-61.
5. Al Ashry HS, Modrykamien AM. Humidification during mechanical ventilation in the adult patient. *Biomed Res Int.* 2014/06/25. 2014;2014:715434.
6. Dawson JA, Owen LS, Middleburgh R, Davis PG. Quantifying temperature and relative humidity of medical gases used for newborn resuscitation. *J Paediatr Child Health.* 2014 Jan;50(1):24-6.
7. Lellouche F, Taillé S, Lefrançois F, Deye N, Maggiore SM, Jouvet P, et al. Humidification performance of 48 passive airway humidifiers: comparison with manufacturer data. *Chest.* 2009 Feb;135(2):276-86.
8. Restrepo RD, Walsh BK. AARC Clinical Practice Guideline. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012. *Respir Care.* 2012 May;57(5):782-8.
9. Morán I, Bellapart J, Vari A, Mancebo J. Heat and moisture exchangers and heated humidifiers in acute lung injury/ acute respiratory distress syndrome patients. Effects on respiratory mechanics and gas exchange. *Intensive Care Med.* 2006 Apr;32(4):524-31.
10. Pitoni S, D'Arrigo S, Grieco DL, Idone FA, Santantonio MT, Di Giannatale P, et al. Tidal Volume Lowering by Instrumental Dead Space Reduction in Brain-Injured ARDS Patients: Effects on Respiratory Mechanics, Gas Exchange, and Cerebral Hemodynamics. *Neurocrit Care.* 2020 Apr 22;1-10.
11. Girault C, Breton L, Richard J-C, Tamion F, Vandelet P, Aboab J, et al. Mechanical effects of airway humidification devices in difficult to wean patients\*. *Crit Care Med.* 2003; 31(5):1306-11.
12. Lucato JJJ, Cunha TMND, Reis AMD, Picanço PSA, Barbosa RCC, Liberali J, et al. Ventilatory changes during the use of heat and moisture exchangers in patients submitted to mechanical ventilation with support pressure and adjustments in ventilation parameters to compensate for these possible changes: a self-controlled intervention study in humans. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2017;29(2):163-70.
13. Thomachot L, Viviani X, Lagier P, Dejode JM, Albanèse J, Martin C. Measurement of tracheal temperature is not a reliable index of total respiratory heat loss in mechanically ventilated patients. *Crit Care.* 2000/12/08. 2001;5(1):24-30.
14. Martin C, Perrin G, Gevaudan MJ, Saux P, Gouin F. Heat and moisture exchangers and vaporizing humidifiers in the intensive care unit. *Chest.* 1990 Jan;97(1):144-9.
15. Ginestra JC, Atkins J, Mikkelsen M, Mitchell OJL, Gutsche J, Jablonski J, et al. The I-READI Quality and Safety Framework: A Health System's Response to Airway Complications in Mechanically Ventilated Patients with Covid-19. *NEJM Catal.* 2021 Nov 7;2(1).

Todos os resumos de artigos clínicos são escritos de forma independente pela Biowrite Solutions. Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer processo, em qualquer idioma, sem o consentimento por escrito do detentor dos direitos autorais. Embora tenha-se tomado muito cuidado para garantir que a informação contida nesta publicação seja precisa, nem a Biowrite Solutions nem a Fisher & Paykel Healthcare podem ser consideradas responsáveis ou responsabilizadas de qualquer forma pela precisão das informações ou por quaisquer erros, omissões ou imprecisões, ou por quaisquer consequências decorrentes delas.

Para mais informações, entre em contato com o representante local da Fisher & Paykel Healthcare