

# Avaliação da Função Respiratória com Ultrassom Beira Leito

Abdulaziz H. Algain<sup>1†</sup> Florin Costescu<sup>2</sup> Karoll A. Rodelo Ceballos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Especialista em Anestesia Regional e Dor Aguda, Departamento de Anestesia, Hospital Geral de Montreal, Universidade McGill, Montreal, Quebec, Canadá; Departamento de Anestesia e Cuidados Intensivos, Universidade King Abdulaziz, Jeddah, Arábia Saudita

<sup>2</sup>Professor Assistente, Departamento de Anestesia, Hospital Geral de Montreal, Universidade McGill, Montreal, Quebec, Canadá

<sup>3</sup>Autor Supervisor e Professor Assistente, Departamento de Anestesia, Hospital Geral de Montreal, Universidade McGill, Montreal, Quebec, Canadá

Editado por: Dr. Subramani Kandasamy, Professor Sênior, Unidade de Cuidados Intensivos Cirúrgicos, Christian Medical College, Vellore, Tamilnadu, Índia

†Email do autor correspondente: [abdulazizh.algain@gmail.com](mailto:abdulazizh.algain@gmail.com)

Publicado em 21 de maio de 2024

DOI: 10.28923/atotw.523

## **CUIDADO INTENSIVO**

**\*\*Tutorial 523\*\***

## **PONTOS-CHAVE**

- O ultrassom pulmonar depende de visualização anatômica indireta através de artefatos.

- É útil em emergências e durante o período perioperatório.
- O ultrassom pulmonar beira leito pode diagnosticar pneumotórax, doença intersticial e derrame pleural, além de avaliar a função diafragmática.
- Protocolos como o protocolo 'BLUE' detectam as causas da insuficiência respiratória aguda com 90,5% de precisão.

## INTRODUÇÃO

O ultrassom pulmonar beira leito (POCUS) é um recurso de fácil utilização, não invasivo e barato para diagnóstico e monitoramento da resposta ao tratamento, evitando a exposição à radiação. Resulta em uma mudança de 76% na estratégia terapêutica e identifica novas patologias em 31% dos casos. Comparado à radiografia de tórax, proporciona maior sensibilidade e especificidade na detecção de pneumotórax, derrame pleural e pneumonia, diferenciando melhor entre derrame pleural e consolidação. A avaliação ultrassonográfica da função diafragmática tem alta sensibilidade (93%) e especificidade (100%) no diagnóstico de disfunção do nervo frênico. Este tutorial discute as indicações do POCUS, a física do ultrassom, a abordagem do exame padrão e protocolos, levando em conta a terminologia e perfis de patologia, explorando as várias aplicações da ultrassonografia pulmonar no monitoramento e intervenções terapêuticas.

## FÍSICA DO ULTRASSOM

Devido às diferentes impedâncias acústicas entre o ar e o tecido mole, a maioria das ondas é refletida na pleura de um pulmão normalmente aerado. Não é possível visualizar o parênquima pulmonar normal, diferentemente de áreas de consolidação e atelectasia, em que o tecido pulmonar pode ser visualizado diretamente. Derrames pleurais podem ser facilmente visualizados pelo ultrassom. Normalmente, as camadas pleurais são indistinguíveis e a linha pleural hiperecogênica e seus artefatos são vistos. Linhas A são artefatos de reverberação horizontal sob a pleura em intervalos regulares equivalentes à distância entre a pleura e o transdutor.

## TERMINOLOGIA

A Tabela 1 define termos usados na ultrassonografia pulmonar.

## INDICAÇÕES

O ultrassom do pulmão é usado em cuidados intensivos, medicina de emergência e no cenário perioperatório para avaliar qualquer alteração aguda do estado respiratório de pacientes graves. É aplicado para diagnosticar causas de hipoxia em pacientes com ou sem instabilidade hemodinâmica. A avaliação ultrassonográfica diafragmática tem sido usada nos últimos 25 anos para analisar a viabilidade de extubação, detectar doença neuromuscular e diagnosticar possível lesão do nervo frênico antes ou depois dos bloqueios de nervo do plexo braquial. A avaliação ultrassonográfica do músculo intercostal paraesternal pode prever o sucesso no desmame da ventilação mecânica.

## SELEÇÃO DE ULTRASSOM E POSICIONAMENTO DO PACIENTE

O probe linear tem melhor resolução, ideal para analisar pneumotórax e edema pulmonar. Já probes de baixa frequência examinam artefatos profundos, vistos em derrames. O probe phased array é útil na avaliação de pequenos espaços intercostais anteriores. O probe curvilíneo tem boa penetração e é útil para verificar derrames, proporcionando visualização adequada do ângulo costofrênico, fígado e diafragma. Os pacientes são geralmente examinados em posição supina. Os probes são colocados anteriormente para verificar pneumotórax, pois o ar no espaço pleural se acumula na frente. Quando o paciente está semissentado, a área menos dependente é o ápice, porém as clavículas tornam a imagem mais desafiadora. O probe é colocado posterolateralmente ao procurar uma patologia dependente, como consolidação, derrame ou hemotórax.

## ABORDAGEM DE EXAME PADRÃO

No POCUS pulmonar, procuramos pneumotórax, doença intersticial e derrame pleural, além de avaliar a função diafragmática. Seis zonas são examinadas (anterior, posterior e lateral bilateral) e 3 espaços intercostais são avaliados em cada zona (Figura 1). Para descartar pneumotórax, o modo B é usado para verificar o deslizamento pulmonar e garantir a ausência de um ponto pulmonar. Avaliamos linhas B para procurar condições com aumento de fluido intersticial ou espessamento, incluindo edema pulmonar, COVID-19, síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), lesão pulmonar aguda relacionada à transfusão e fibrose pulmonar. O objetivo de obter uma imagem coronal na linha axilar posterior é visualizar um derrame pleural. Uma coleção anecoica cefálica ao diafragma indica derrame pleural. O tamanho do baço torna a imagem mais difícil no lado esquerdo.

Linhas A	Sob a pleura, artefatos de reverberação horizontal em intervalos regulares equivalentes à distância entre a pleura e a sonda.
Linhas B	Três ou mais artefatos hidroaéreos de cauda de cometa que surgem da linha pleural para alcançar o campo distante; podem ser normais em áreas dependentes.
Linhas C	Artefatos hipocóicos de cauda de cometa subpleural vistos na consolidação.
Linhas E	Linhas verticais hiperecogênicas irregulares que surgem da parede torácica; devido ao ar preso no tecido mole em casos de enfisema subcutâneo; obscurece a sombra da costela e a linha pleural abaixo dela.
Hepatização pulmonar	Um indicador de consolidação substancial quando o tecido pulmonar aparece isoeicóico ao parênquima hepático.
Monstro pulmonar	O pulmão atelectásico aparece como uma massa ecogênica em forma de cunha dentro do líquido pleural que se move com a respiração.
Sinal da cortina	Um artefato de movimento crânio-caudal do pulmão durante a respiração na base totalmente aerada. Sua redução ou ausência pode ser devido a derrame pleural, atelectasia ou consolidação basal.
Broncograma aéreo	Brônquios aerados cercados por alvéolos preenchidos de líquido no pulmão opaco sem ar; podem ser dinâmicos (consolidação) ou estáticos (atelectasia grave).
Janela acústica	Estruturas de campo próximo que contribuem para a transmissão de ondas. O fígado e o baço são janelas acústicas basais para o diagnóstico de derrame pleural ou disfunção diafragmática.
Deslizamento pulmonar	Deslizamento da pleura visceral contra a pleura parietal descrito como 'formigas marchando'. Está ausente no pneumotórax devido ao ar intratorácico entre as camadas pleurais.
Ponto pulmonar	Uma descoberta no local onde o pneumotórax termina e o deslizamento é retomado.
Pulso pulmonar	Transmissão da pulsação cardíaca para o pulmão causando o movimento da linha pleural com o batimento cardíaco. Isso ocorre se o pulmão não estiver ventilado (como na intubação endobrônquica) e está ausente no pneumotórax.
Sinal da praia	O padrão 'mar' é o tecido e as camadas musculares da parede torácica imóveis, enquanto o padrão 'areia' é o deslizamento pleural que pode ser normalmente visto em modo M.
Sinal do código de barras	Imagem de modo M mostrando linhas horizontais uniformes repetitivas em casos de pneumotórax onde o deslizamento pulmonar está ausente.
Sinal da coluna vertebral	A capacidade de ver as vértebras torácicas devido à presença de derrame pleural ou hemotórax (normalmente não visto através do pulmão aerado).

Tabela 1. Terminologia do Ultrassom Pulmonar

Figura 1. As 6 zonas de varredura do pulmão (anterior, posterior e lateral bilaterais) e 3 espaços intercostais são examinados em cada zona.

## PERFIS DE PATOLOGIA

### Pneumotórax

O ar pleural estático gera ondas de reflexão total, resultando na ausência de deslizamento pulmonar (deslizamento da pleura visceral contra a pleura parietal no modo B descrito como 'formigas marchando'). Isto ocorre devido ao ar intratorácico entre as camadas pleurais (Figura 2). No modo M, o sinal do código de barras substitui o sinal da praia (Figuras 3 e 4). O deslizamento pulmonar também é abolido na intubação endobrônquica, aderências pleuro-parenquimatosas, bolhas subpleurais, pós-pneumectomia e após pleurodese. O deslizamento pulmonar, portanto, é sensível, mas não específico para pneumotórax. O ponto pulmonar (uma descoberta no local onde o pneumotórax termina e o deslizamento é retomado) é a descoberta ultrassonográfica mais específica (100% de especificidade) para pneumotórax (Figura 5). Portanto, isso deve ser procurado rotineiramente na ausência de deslizamento para estimar o tamanho do pneumotórax.

Figura 2. A linha hiperecogênica superior é a linha pleural onde ocorre o deslizamento pulmonar, enquanto a linha hiperecogênica horizontal inferior representa uma linha A. Imagem fornecida por Hannah Kopinski (MS4) e Dr. Lindsay Davis da NYU Emergency Medicine e Matthew Riscinti, Kings County Emergency Medicine.

Figura 3. Imagem de modo M mostrando um sinal de código de barras devido ao pneumotórax. Caso cortesia de Maulik S. Patel, Radiopaedia.org rID: 61141.

Figura 4. Imagem de modo M de um pulmão normal mostrando um sinal de praia. Caso cortesia de Maulik S. Patel, Radiopaedia.org rID: 61141.

Figura 5. Imagem de modo B mostrando um ponto pulmonar onde o pneumotórax termina e o deslizamento é retomado. Caso cortesia de Andrew Dixon, Radiopaedia.org rID: 45149.

## Derrame Pleural

Um derrame simples aparece como um espaço anecóico entre as camadas pleurais (Figura 6). O ultrassom pode detectar entre 5 e 20 mL de líquido pleural com sensibilidade de 89% a 100% e especificidade de 96% a 100%, enquanto em uma radiografia de tórax só será evidente se o volume atingir 175 a 525 mL. Um grande derrame também pode mostrar o 'sinal do monstro pulmonar' (Figura 7) ou o 'sinal da coluna vertebral' (Figura 8).<sup>611</sup>

## Pneumonia

A pneumonia aumenta o conteúdo de líquido e reduz a aeração no parênquima pulmonar, diminuindo as discrepâncias acústicas entre a parede torácica e o parênquima pulmonar. Na consolidação pulmonar, surgem regiões hiperecogênicas heterogêneas com bordas irregulares de tamanho e forma variável (Figura 9). Broncogramas aéreos sonográficos são causados por perturbações extremas na relação ar-líquido no parênquima pulmonar. Os alvéolos preenchidos de líquido atuam como um excelente meio acústico e permitem a visualização do parênquima pulmonar. A árvore brônquica é representada por estruturas tubulares ramificadas que, quando patentes, parecem conter focos pontiformes a lineares. Essas estruturas podem permanecer fixas na posição

Figura 6. Imagem mostrando um derrame pleural à direita. Caso cortesia de Hani Makky Al Salam, Radiopaedia.org rID: 13266.

Figura 7. Um grande derrame pleural septado mostrando a pleura irregular e espessada adjacente ao diafragma. Imagem fornecida por Victor Speidel, Langenthal Regional Hospital, Suíça.

(estático) durante todo o ciclo respiratório ou serem observadas propagando-se centrifugamente com a respiração (dinâmico). Broncogramas aéreos estáticos indicam ar isolado, diagnóstico de atelectasia de reabsorção. Broncogramas aéreos dinâmicos representam fluido misturado com ar dentro de brônquios maiores. Eles indicam consolidação não retrátil e têm especificidade de 94% e valor preditivo positivo de 97% para consolidação secundária à pneumonia. Usando ultrassonografia Doppler colorido, o padrão de ramificação do fluxo vascular dentro da consolidação pode ser observado (Figura 10).

Figura 8. Varredura subcostal longitudinal direita mostrando um derrame pleural à direita e um sinal de coluna vertebral positivo. Caso cortesia de David Carroll, Radiopaedia.org rID: 65725.

Figura 9. O lobo inferior esquerdo mostrando uma consolidação com padrão ecogênico de hepatização. Esses achados anormais são sugestivos de pneumonia. Imagem fornecida por Johannes Achenbach.

Figura 10. Broncograma aéreo dentro de um tecido pulmonar consolidado apresentando estruturas ramificadas ecogênicas. Caso cortesia de G. Balachandran, Radiopaedia.org rID: 12505.

Figura 11. Um caso de edema pulmonar com múltiplas linhas B. Imagem fornecida por Dr. Justin Bowra, Dr. D. Browne e Dr. J. Knights.

### Síndrome Alveolar-Intersticial Aguda

O líquido vaza para o interstício pulmonar e alvéolos quando o nível de água do pulmão é alto e o conteúdo de ar alveolar é baixo, podendo ser visto ultrassonograficamente como linhas B (3 ou mais artefatos hidroaéreos de cauda de cometa que surgem da linha pleural para alcançar o campo distante). Pode ser normal em áreas dependentes.

### Edema Pulmonar

Múltiplas linhas B podem preceder as alterações radiográficas, sendo vistas em diferentes zonas bilateralmente. Três linhas B com um probe convexo ou 6 linhas B com um probe linear são patognomônicas de edema pulmonar. O grau de edema pulmonar irá correlacionar-se com o número de linhas B. A redução ou desaparecimento das linhas B ultrassonograficamente pode ser correlacionada com a melhora sintomática e a redução ou clareamento das alterações radiográficas (Figura 11).

### Síndrome da Angústia Respiratória Aguda

Na ARDS, o ultrassom pulmonar demonstrará múltiplas linhas B com um padrão irregular e pequenas consolidações posteriores e basais, junto com um broncograma aéreo.

### Disfunção Diafragmática

A avaliação da função diafragmática é obtida medindo-se os movimentos respiratórios na vista subxifoide usando um transdutor curvilíneo no modo M durante a inspiração

profunda. Valores normais entre homens e mulheres durante a respiração tranquila e profunda, bem como no teste de fungar, são ilustrados na Tabela 2 (Figuras 12 e 13). Na paralisia frênica parcial, o teste de fungar mostra paresia parcial hemidiafragmática com uma redução de 25% a 75% no movimento caudal do diafragma (em direção ao transdutor). Na paralisia frênica completa, um movimento cefálico paradoxal ou uma redução de 75% ou mais no movimento é visto. O segundo método é

	Homem	Mulher
Respiração tranquila	1,8 ± 0,3 cm	1,6 ± 0,3 cm
Respiração profunda	7,0 ± 0,6 cm	5,7 ± 1,0 cm
Fungar	2,9 ± 0,6 cm	2,6 ± 0,5 cm

Tabela 2. Diferentes Valores Normais para Excursão Diafragmática

Figura 12. A excursão diafragmática no modo B resultando em um movimento caudal do diafragma (em direção ao transdutor) durante a inspiração (imagem à direita) comparado à fase expiratória (imagem à esquerda).

medir as mudanças na espessura diafragmática durante a inspiração (Figura 14). Isso é obtido colocando o transdutor linear no nono espaço intercostal na linha axilar anterior. Uma espessura inferior a 0,2 cm ao final da expiração define a atrofia do diafragma. A fórmula usada para medir a mudança de espessura (TFdi) no modo M é: espessura ao final da inspiração menos espessura ao final da expiração)/espessura ao final da expiração. Um espessamento inferior a 20% é consistente com

Figura 13. Quantificando o nível da excursão diafragmática usando o modo M durante a inspiração profunda em uma voluntária saudável. Uma linha pontilhada entre o ponto da fase expiratória final até o ponto da inspiração máxima deu um valor normal de 5,42 cm.

Figura 14. A imagem superior ilustra como obter uma imagem de ultrassom diafragmática para medir a espessura. Um probe linear é colocado no nono espaço intercostal na linha axilar anterior. A imagem inferior identifica as 3 camadas do diafragma no modo B e mede a espessura durante a inspiração como uma medida indireta para paresia hemidiafragmática.

paralisia. Um terceiro método é monitorar a descida da linha pleural com a inspiração 'deslocamento diafragmático' usando um transdutor linear no plano coronal na linha axilar média para obter uma vista entre a sétima e oitava costela no lado direito ou a oitava e nona costela no lado esquerdo.

### Avaliação do Músculo Intercostal Parassernal

Um transdutor linear é colocado de 3 a 5 cm lateralmente ao esterno no plano sagital entre a segunda e terceira costelas. Começando no modo B, o músculo é visto como uma estrutura bicôncava de 3 camadas acima da linha pleural (Figura 15). A espessura é medida entre as camadas hiperecogênicas interna e externa no ponto médio entre as costelas. Usando o modo M, o espessamento do músculo intercostal externo durante a inspiração é visto. TFic pode ser calculado por este cálculo:  $(TH_{\text{final-inspiração}} - TH_{\text{final-expiração}}) / TH_{\text{final-expiração}} \times 100$ , onde TH = espessura. Um suporte inspiratório excessivo causa atrofia dos músculos respiratórios. TFic superior a 8% é observado em pacientes com disfunção diafragmática e um valor superior a 10% pode prever falha no desmame. Uma vez que iniciamos o suporte de pressão ou teste de respiração espontânea e os pacientes falham no desmame dentro de 24 horas, TFdi e TFic devem ser medidos. Valores de TFdi superiores a 20% e TFic inferiores a 10% preveem sucesso no desmame.

### Enfisema Subcutâneo

O enfisema subcutâneo é o acúmulo de ar nos tecidos moles, tanto subcutâneos quanto intramusculares. Vazamentos de ar podem ter origem traumática ou iatrogênica, como fraturas de costelas, traumas das vias aéreas ou esôfago, infecções produtoras de gás e inserção de tubo torácico ou endotraqueal. O diagnóstico radiográfico é feito pela presença de edema de tecidos moles, crepitação e ar na parede torácica. A ultrassonografia mostra enfisema subcutâneo causando várias linhas verticais hiperecogênicas (linhas E) que surgem da parede torácica até a linha pleural (Figura 16). As linhas E na margem da tela eliminam a linha pleural. Às vezes, o córtex anterior das costelas torna-se invisível, fazendo com que o sinal típico do morcego se perca. Deve-se notar que as linhas E diferem das linhas B, que se originam na pleura. Como o enfisema subcutâneo traumático está ligado ao pneumotórax, deve-se procurar em outras regiões onde a linha pleural é visível.

Figura 15. Ultrassom do músculo intercostal. (a) O transdutor é colocado no espaço paraesternal. (b) Imagem em modo B mostrando o músculo intercostal (ICM).

Adaptado de Formenti, Paolo, et al. "Avaliação ultrassonográfica dos músculos

intercostais paraesternais durante ventilação mecânica." *Annals of Intensive Care* 10.1 (2020):1-9. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## O PROTOCOLO BLUE

Esta ferramenta geralmente leva 3 minutos para diagnosticar a causa da insuficiência respiratória aguda com 90,5% de precisão. Para encontrar os pontos BLUE superior e inferior, coloque 4 dedos (exceto o polegar) da mão esquerda abaixo da clavícula no lado direito do paciente, com as pontas dos dedos no esterno. O ponto superior está na base do segundo e terceiro dedos. O ponto inferior está no centro da palma quando a mão direita é colocada abaixo da esquerda com as pontas dos dedos tocando.

Troque de lado e repita. Prosseguimos até a base dos pulmões apenas se o escaneamento até este ponto for negativo (Figura 17). Para localizar este ponto na borda toracoabdominal, mova o probe do ponto BLUE inferior ao redor da parede torácica até a linha axilar posterior. O protocolo BLUE emprega sinais e os correlaciona com uma localização, resultando em 7 perfis (Tabela 3); cada um é associado a uma patologia (Figura 18).

Figura 16. Enfisema subcutâneo na parede torácica anterior esquerda usando um transdutor curvilíneo. Linhas verticais irregulares hiperecogênicas podem ser vistas acima do nível das costelas (linhas E). Imagem fornecida pelo Dr. Cian McDermott.

## PROTOCOLO BLUE-PLUS

Há uma incidência significativa de consolidação pulmonar e atelectasia durante a ventilação mecânica em pacientes críticos. Devido à sensibilidade relativamente baixa do protocolo BLUE na identificação de consolidação pulmonar, Wang et al desenvolveram o protocolo BLUE-plus. Primeiramente, os pacientes são colocados em posição supina para que o protocolo BLUE seja aplicado na avaliação dos pontos BLUE superiores e inferiores bilaterais, além dos pontos de síndrome alveolar e/ou pleural posterior e/ou lateral e os pontos diafragmáticos. Os pontos BLUE posteriores são então avaliados com os pacientes em decúbito lateral. O ponto médio entre a linha vertebral e a linha escapular, logo abaixo da escápula, é identificado como o ponto BLUE posterior. O protocolo BLUE-plus apresentou maior sensibilidade, especificidade e precisão diagnóstica (95,71%, 87,50% e 94,87%, respectivamente) para detectar consolidação pulmonar e atelectasia, especialmente para lesões localizadas na base do pulmão, quando comparado ao protocolo BLUE, radiografia de tórax à beira do leito e tomografia computadorizada pulmonar.

Figura 17. Esquerda: Os pontos BLUE anterior superior e inferior. O diafragma está localizado na parte inferior da mão inferior. Direita: Prosseguimos até a base dos pulmões apenas se o escaneamento até este ponto for não diagnóstico. Adaptado de Lichtenstein Daniel A. "Ultrassom pulmonar no paciente criticamente doente". *Annals of intensive care* 4.1 (2014):1-12. <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>.

Perfil A	Presença de deslizamento pulmonar e linhas A
Perfil A'	Um perfil A na ausência de deslizamento pulmonar
Perfil B	Presença de deslizamento pulmonar e linhas B
Perfil B'	Um perfil B na ausência de deslizamento pulmonar
Perfil C	Presença de uma linha C ou espessamento e irregularidade da linha pleural, independentemente do tamanho e número, e independentemente do deslizamento pulmonar
Perfil A/B	Uma combinação de um perfil A em um pulmão e um perfil B no outro pulmão, independentemente do deslizamento
Perfil PLAPS	Síndrome alveolar e/ou pleural posterior e/ou lateral (presença de consolidação ou derrame pleural na região posterolateral do pulmão)

Tabela 3. Os 7 Perfis do Protocolo BLUE

## PAPÉIS NO MONITORAMENTO E INTERVENÇÕES TERAPÊUTICAS

### Monitoramento e Drenagem de Derrame Pleural

A ultrassonografia pulmonar pode auxiliar na medição do volume de derrame pleural e, até certo ponto, na determinação de sua natureza. Na posição supina, uma distância interpleural na base do pulmão acima de 50 mm, medida entre o pulmão e a parede torácica posterior, sugere fortemente a presença de um derrame pleural igual ou superior a 500 mL. A precisão é insuficiente para quantificar volumes pequenos ( $\leq 500$  mL) e altos ( $\geq 1000$  mL). O cálculo envolve a multiplicação da altura do derrame pleural por sua área transversal. Em termos de natureza do derrame pleural, os transudatos exibem características anecóicas, mas os exsudatos exibem ecogenicidade e loculação. O ultrassom pulmonar permite a drenagem torácica segura de pequenos derrames pleurais, sendo útil na detecção de aderências pleurais, reduzindo o risco de colocação intrafissural ou intraparenquimal de tubos torácicos e lesões vasculares, quando um Doppler colorido é utilizado.

Figura 18. Algoritmo do protocolo BLUE. Adaptado de Lichtenstein Daniel A. "Ultrassom pulmonar no paciente criticamente doente". *Annals of intensive care* 4.1 (2014): 1-12. <https://creativecommons.org/licenses/by/2.0>.

Achado	Diagnóstico	Ação Necessária
Linhas A com/sem 1 linha B	Achado normal	Nenhuma
2-3 linhas B	Edema pulmonar leve	Diurese leve
4 linhas B ou mais	Edema pulmonar moderado/severo	Diurese agressiva
Brancura total	Edema pulmonar muito severo	Diurese muito agressiva

**Tabela 4. Classificação do Edema Pulmonar e Estabelecimento de Gestão de Volume Direcionada**

### Aplicação da Terapia Diurética em Casos com Edema Pulmonar

A aplicação do ultrassom pulmonar na identificação de edema pulmonar durante a ressuscitação volêmica no choque circulatório, conhecido como protocolo 'fluid administration limited by lung sonography' (FALLS), está bem documentada. No protocolo reverse-FALLS, aspectos da ultrassonografia pulmonar e da veia cava inferior são utilizados para avaliar os compartimentos extravascular e intravascular, auxiliando no manejo de fluidos. A quantificação do edema pulmonar é alcançada contando o número de linhas B observadas em cada plano de varredura. Isso ajudará a determinar se a terapia diurética agressiva é indicada (Tabela 4). Já a medição do diâmetro anteroposterior mínimo e máximo da veia cava inferior usando o modo M durante um ciclo respiratório completo ajudará a responder se o tratamento diurético agressivo pode ser tolerado.

### RESUMO

O POCUS pulmonar é uma técnica fácil e rápida que visa diagnosticar as causas da insuficiência respiratória. O protocolo BLUE examina pontos padronizados em cada hemitórax para verificar certos achados e criar um perfil fisiopatológico. É importante salientar a importância do exame completo do tórax em detrimento a um protocolo específico. Quanto à avaliação diafragmática de uma possível paralisia do nervo frênico associada à anestesia regional, devem-se realizar medições prévias ao bloqueio para compará-las aos achados pós. Também é importante saber que quando medimos TFDi e TFic como ferramentas preditivas para o desmame ventilatório, devemos incorporar outros parâmetros preditivos de falha no desmame para um melhor desfecho.

### REFERÊNCIAS

1. Ramsingh D, Rinehart J, Kain Z, et al. Impact assessment of perioperative point-of-care ultrasound training on anesthesiology residents. *Anesthesiology*. 2015;123(3):670-682.

2. Ding W, Shen Y, Yang J, He X, Zhang M. Diagnosis of pneumothorax by radiography and ultrasonography: a meta-analysis. *Chest*. 2011;140(4):859-866.
3. Liu X-L, Lian R, Tao Y-K, Gu C-D, Zhang G-Q. Lung ultrasonography: an effective way to diagnose community-acquired pneumonia. *Emerg Med J*. 2015;32(6):433-438.
4. El-Boghdadly K, Chin KJ, Chan VW. Phrenic nerve palsy and regional anesthesia for shoulder surgery: anatomical, physiologic and clinical considerations. *Anesthesiology*. 2017;127(1):173-191.
5. Marini TJ, Rubens DJ, Zhao YT, et al. Lung ultrasound: the essentials. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2021;3(2):e200564.
6. Wongwaisayawan S, Suwannanon R, Sawatmongkornkul S, Kaewlai R. Emergency thoracic US: the essentials. *Radiographics*. 2016;36(3):640-659.
7. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care*. 2014;4(1):1-12.
8. Boussuges A, Rives S, Finance J, Bre ´ geon F. Assessment of diaphragmatic function by ultrasonography: current approach and perspectives. *World J Clin Cases*. 2020;8(12):2408.
9. Formenti P, Umbrello M, Dres M, Chiumello D. Ultrasonographic assessment of parasternal intercostal muscles during mechanical ventilation. *Ann Intensive Care*. 2020;10(1):1-9.
10. Li L, Yong RJ, Kaye AD, Urman RD. Perioperative point of care ultrasound (POCUS) for anesthesiologists: an overview. *Curr Pain Headache Rep*. 2020;24:1-15.
11. Manson W, HR. How I do it: lung ultrasound. *ASRA Pain Med News*. 2022;47. doi:10.52211/asra020122.005
12. Wang X, Liu D, Zhang H, et al. The value of bedside lung ultrasound in emergency—plus protocol for the assessment of lung consolidation and atelectasis in critical patients [in Chinese]. *Zhonghua nei ke za zhi*. 2012;51(12):948-951.
13. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby J-J. Clinical review: bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care*. 2007;11:1-9.
14. O’Hara DN, Chabra V, Ahmad S. Bedside ultrasound for guiding fluid removal in patients with pulmonary edema: the reverse-FALLS protocol. *J Vis Exp*. 2018(137):e57631.

