

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXVII

Capítulo 24

ULTRASSONOGRAFIA À BEIRA-LEITO NO DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DA INSUFICIÊNCIA CARDÍACA AGUDA

RAPHAEL FERNANDES APA DE ANDRADE PEREIRA¹
ANA HELENA FAEL NASCIMENTO¹
ANA SOFIA MABEL MOURA LEAL E SOUSA¹
BRUNA DALLAQUA¹
GABRIELA FRANÇA PASQUALE¹
JULIA MATOS TEIXEIRA¹
KELLY TAYS BRITO DE MORAES¹
LETICIA SELIGRA DE MORAES CATARINO¹
MARIA CLARA FIUZA NASCIMENTO¹
MAICON JEAN DE ALMEIDA DA SILVA¹
MYLENA GABRIELLE GADELHA COSTA¹
RAYANE VALÉRIA DE LIMA CARDOSO¹
REBECA DE OLIVEIRA BRUMANO DA CRUZ¹
VITÓRIA HERRERA RODRIGUES¹
VICTOR HUGO ALMEIDA DA SILVA¹

1. Discente - Medicina da Universidade Nove de Julho.

Palavras-chave: POCUS; Diagnóstico; Insuficiência Cardíaca Aguda.

DOI

10.59290/1641090072

P EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares permanecem como uma das principais causas de morbimortalidade em todo o mundo, representando um importante problema de saúde pública. Diante desse cenário, o diagnóstico rápido e preciso da insuficiência cardíaca aguda torna-se fundamental para o tratamento precoce e para a definição da estratégia terapêutica (SANTOS *et al.*, 2021).

Do ponto de vista clínico, a insuficiência cardíaca aguda (ICA) é definida como o início rápido ou a piora dos sinais e sintomas de insuficiência cardíaca, geralmente associados a alterações hemodinâmicas decorrentes de disfunção cardíaca, com frequência acompanhadas por aumento das pressões de enchimento e congestão, podendo ocorrer com débito cardíaco preservado ou reduzido. Nesse contexto, a descompensação da função cardíaca pode resultar em aumento das pressões de enchimento e consequente congestão pulmonar e sistêmica, levando ao aparecimento ou agravamento de sintomas como dispneia, fadiga e edema. A congestão, resultante da elevação dessas pressões, constitui um dos principais mecanismos fisiopatológicos da ICA, podendo ocasionar disfunção progressiva de órgãos-alvo e contribuir para piora clínica e aumento do risco de mortalidade (SANTOS *et al.*, 2021).

A ICA representa uma das principais causas de internação hospitalar, especialmente na população idosa, estando associada a elevadas taxas de morbimortalidade. Dessa forma, a identificação precoce da congestão e das alterações hemodinâmicas torna-se fundamental no manejo da síndrome cardiovascular. Entretanto, o diagnóstico da ICA permanece um desafio na prática clínica, especialmente no contexto da emergência, devido à variabilidade das mani-

festações clínicas e à sobreposição de seus sinais e sintomas com outras condições que cursam com dispneia e desconforto respiratório. A apresentação clínica da ICA pode evoluir rapidamente desde a admissão do paciente até a necessidade de intervenção terapêutica, tornando fundamental a realização de um diagnóstico precoce e preciso (NÚÑEZ-RAMOS *et al.*, 2024; IAREMCHUC *et al.*, 2026).

Nesse sentido, apesar dos avanços diagnósticos, a avaliação inicial da ICA apresenta limitações, uma vez que sinais clínicos isolados possuem baixa sensibilidade para identificar precocemente a congestão e as alterações hemodinâmicas. O eletrocardiograma (ECG), embora seja fundamental na avaliação inicial e na investigação de causas precipitantes, apresenta limitações para a identificação direta da congestão e da gravidade hemodinâmica da ICA. Assim, a avaliação clínica tradicional evidencia a necessidade de ferramentas complementares que possibilitem uma avaliação mais precisa e contribuam para a tomada de decisões terapêuticas individualizadas (NÚÑEZ-RAMOS *et al.*, 2024; KOVELL *et al.*, 2018).

Além disso, a necessidade de reconhecer precocemente a presença e a extensão da congestão, bem como de monitorar sua evolução durante o tratamento, reforça a importância de estratégias diagnósticas rápidas, acessíveis e passíveis de repetição à beira-leito (JOHRI *et al.*, 2023; ALCANTARA *et al.*, 2026).

Nesse contexto, a ultrassonografia *point-of-care* surge como uma ferramenta complementar à avaliação clínica tradicional, permitindo uma avaliação rápida, dinâmica e à beira-leito. Por ser um método não invasivo, acessível e passível de repetição, pode auxiliar tanto na avaliação inicial quanto no acompanhamento da resposta ao tratamento e na monitorização da evolução clínica. Dessa forma, a incorporação do POCUS à avaliação da insuficiência cardíaca

aguda representa uma estratégia promissora para complementar os métodos diagnósticos convencionais, reduzir incertezas na abordagem do paciente com dispneia e contribuir para decisões terapêuticas mais rápidas e individualizadas no cenário de urgência e emergência (KOVELL *et al.*, 2018; JOHRI *et al.*, 2023; IAREMCHUC *et al.*, 2026; NÚÑEZ-RAMOS *et al.*, 2024).

Portanto, o objetivo deste estudo é discutir o papel da ultrassonografia à beira-leito na abordagem da insuficiência cardíaca aguda, reunindo evidências que demonstram sua aplicabilidade na identificação precoce da congestão, na avaliação clínica do paciente e no apoio às condutas terapêuticas em serviços de urgência e emergência.

MÉTODO

Este estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão narrativa da literatura, com a finalidade de analisar e sintetizar as evidências científicas disponíveis sobre a utilização da ultrassonografia à beira-leito (*point-of-care ultrasound* – POCUS) no diagnóstico, acompanhamento e prognóstico da insuficiência cardíaca aguda. Para a identificação dos estudos, realizou-se uma busca sistematizada na base de dados PubMed, empregando os descritores do *Medical Subject Headings* (MeSH) "*Heart Failure*", "*Point-of-Care Systems*", "*Echocardiography*", "*Congestion*" e "*Emergency Medicine*", associados entre si por meio dos operadores booleanos AND e OR, conforme a estratégia de pesquisa previamente definida.

Foram considerados para análise artigos publicados entre janeiro de 2016 e dezembro de 2026, disponíveis nos idiomas português e inglês, que abordassem a aplicação do POCUS na avaliação clínica de pacientes com insuficiência cardíaca aguda, incluindo sua contribuição para

o diagnóstico, a monitorização da congestão, a avaliação hemodinâmica e o direcionamento das condutas terapêuticas. Estudos duplicados, publicações que não apresentavam relação direta com o tema e trabalhos sem acesso ao texto completo foram excluídos da revisão.

A seleção dos estudos ocorreu em etapas sucessivas, iniciando-se pela análise dos títulos e resumos e, posteriormente, pela leitura integral das publicações potencialmente elegíveis. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, bem como da avaliação da consistência metodológica dos trabalhos selecionados, foram incluídos 24 artigos para a elaboração desta revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ecocardiografia focada (FoCUS)

A ecocardiografia focada (FoCUS), elemento essencial do *point-of-care ultrasound* (POCUS), fundamenta-se na utilização da ultrassonografia como recurso complementar ao exame clínico. Seu objetivo central é responder a demandas diagnósticas urgentes e pontuais, incorporando a avaliação por imagem à prática médica. Por sua portabilidade e acessibilidade, a FoCUS pode ser utilizada por profissionais de diferentes áreas, incluindo cardiologistas e médicos não cardiologistas, em ambientes como salas de emergência e unidades de terapia intensiva (KOVELL *et al.*, 2018; JOHRI *et al.*, 2023; WAWERU-SIIKA *et al.*, 2022; ALCANTARA *et al.*, 2026).

Cabe ressaltar que a FoCUS não pretende substituir o ecocardiograma diagnóstico convencional, mas prover suporte imediato à beira do leito por meio de uma avaliação focalizada, direcionada a perguntas clínicas específicas (ABBAWY *et al.*, 2026; JOHRI *et al.*, 2023).

Para a aplicação prática dessa abordagem, podem ser utilizadas diferentes janelas ecocardiográficas, permitindo uma avaliação anatômica e funcional direcionada. A janela paraesternal longitudinal (PLAX) possibilita a avaliação das dimensões cavitárias, da contratilidade ventricular e de estruturas valvares. A partir da rotação do transdutor, obtém-se a janela paraesternal transversal (PSAX), que permite a visualização do ventrículo esquerdo em eixo curto e pode auxiliar na identificação de sinais de sobrecarga do ventrículo direito. A janela apical de quatro câmaras (A4C) oferece uma perspectiva das câmaras cardíacas e permite avaliação qualitativa da função sistólica global. Na região subxifoide, a janela subcostal é particularmente útil para a pesquisa de derrame pericárdico e avaliação das cavidades direitas (JOHRI *et al.*, 2023; ALERHAND *et al.*, 2024; HUSSAIN *et al.*, 2025).

A avaliação da veia cava inferior (VCI) pode complementar a análise cardíaca, fornecendo informações relacionadas à pressão atrial direita e à congestão venosa, embora sua interpretação deva ser integrada a outros parâmetros clínicos e ultrassonográficos (KEARNEY *et al.*, 2022; KAN *et al.*, 2025).

Em sua vertente avançada, a FoCUS pode incorporar modalidades doppler para a avaliação de parâmetros hemodinâmicos funcionais. A mensuração da integral velocidade-tempo (VTI) na via de saída do ventrículo esquerdo pode fornecer uma estimativa indireta do volume sistólico, enquanto parâmetros como a relação E/e' podem auxiliar na avaliação das pressões de enchimento, quando tecnicamente adequados e interpretados em conjunto com os demais achados (NOOR *et al.*, 2025; HUSSAIN *et al.*, 2025).

Nas emergências cardiovasculares graves, a agilidade diagnóstica da FoCUS pode ser parti-

cularmente útil. A identificação de derrame pericárdico associada a sinais de repercussão hemodinâmica pode auxiliar no reconhecimento do tamponamento cardíaco. Durante a parada cardiorrespiratória, a ultrassonografia focada pode contribuir para a identificação de causas potencialmente reversíveis e para a diferenciação entre ausência e presença de atividade cardíaca, desde que realizada de maneira protocolizada e sem prolongar as interrupções das compressões torácicas (LATSIOS *et al.*, 2025; AL-CANTARA *et al.*, 2026).

Ultrassonografia pulmonar

A ultrassonografia pulmonar (USP) (**Figura 24.1**) constitui um dos principais componentes do POCUS na avaliação da insuficiência cardíaca aguda, permitindo a detecção rápida da congestão pulmonar à beira do leito. Em comparação aos métodos tradicionais, como a radiografia de tórax e o exame físico, a USP apresenta maior sensibilidade e elevada especificidade na identificação de edema pulmonar cardiogênico, especialmente nas fases iniciais da congestão, além de fornecer informações em tempo real, sem exposição à radiação e com possibilidade de repetição seriada durante o acompanhamento clínico (CHIU *et al.*, 2022).

Sua aplicação na insuficiência cardíaca aguda fundamenta-se na análise sistematizada de achados ultrassonográficos característicos da congestão pulmonar. Diversos protocolos de varredura foram propostos para essa avaliação, diferenciando-se principalmente pelo número de zonas examinadas. Entre eles, os protocolos de 6 e 8 zonas destacam-se pelo excelente desempenho no diagnóstico para insuficiência cardíaca aguda em cenários de emergência (BUESSLER *et al.*, 2019).

Nesse contexto, os principais achados analisados incluem as linhas B, a presença de derrame pleural e o aspecto da linha pleural. Em

pulmões normalmente aerados, observam-se linhas A, definidas como artefatos horizontais hiperecogênicos paralelos à linha pleural, produzidos pela repetida reflexão das ondas ultrassônicas entre a pleura e o transdutor, que estão associadas à preservação da aeração pulmonar, ou seja, ausência de congestão significativa. Na ICA, pelo aumento da pressão hidrostática capilar, ocorre o acúmulo de líquido no interstício pulmonar e espessamento dos septos interlobulares, reduzindo a quantidade de ar subpleural. Essa alteração modifica a interação entre ultrassom e pulmão, resultando no aparecimento de linhas B, artefatos verticais hiperecogênicos que se originam da linha pleural e se movimentam sincronicamente com o deslizamento pleural. Quando numerosas, as linhas B tendem a reduzir a visualização das linhas A, caracterizando um padrão ultrassonográfico compatível com síndrome intersticial. Em protocolos simplificados, considera-se congestão pulmonar a presença bilateral de três ou mais linhas B em pelo menos duas zonas de cada hemitórax. O número de linhas B correlaciona-se com intensidade da congestão pulmonar e com piores desfechos clínicos (PICANO *et al.*, 2018; MARRINI *et al.*, 2021; PLATZ *et al.*, 2019; CHIU *et al.*, 2022).

Na insuficiência cardíaca aguda, o derrame pleural resulta do aumento da pressão hidrostática nos capilares pulmonares, secundário à elevação das pressões de enchimento do ventrículo esquerdo e do átrio esquerdo, o que promove aumento do líquido intersticial pulmonar, que se move através da pleura visceral em direção ao espaço pleural. Quando a produção excede a capacidade de drenagem linfática ocorre o acúmulo de líquido pleural. O derrame pleural pode ocorrer em aproximadamente 56–90% dos casos de insuficiência cardíaca aguda (ICA), sendo tipicamente bilateral, visualizado como um espaço anecóico entre as pleuras parietal e

visceral. O principal preditor ecocardiográfico de sua formação é a elevação da pressão sistólica da artéria pulmonar (WIJAYARATNE *et al.*, 2024; PICANO *et al.*, 2018).

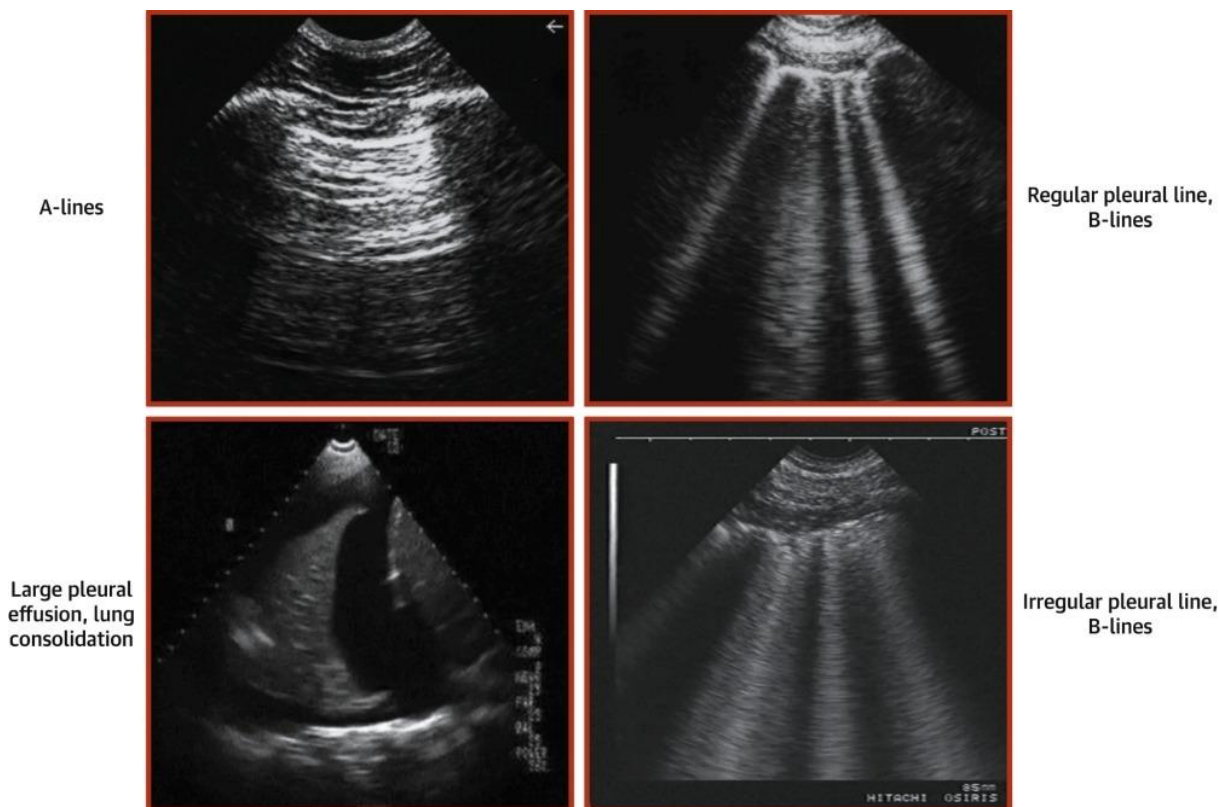
A linha pleural corresponde à interface entre as pleuras parietal e visceral e, na ultrassonografia pulmonar, é visualizada como uma única linha hiperecogênica fina e contínua. Durante o ciclo respiratório, o movimento da pleura visceral em relação à pleura parietal produz o sinal de deslizamento pleural, observado na ultrassonografia como um deslocamento horizontal contínuo da linha pleural sincronizado com a respiração. Na insuficiência cardíaca aguda, a linha pleural permanece preservada, mantendo seu aspecto regular e contínuo, com preservação do deslizamento pleural. Embora os achados da ultrassonografia pulmonar sejam particularmente úteis na identificação do edema pulmonar cardiogênico, sua interpretação deve também contemplar os principais diagnósticos diferenciais da ICA, como pneumonia e exacerbação da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). A diferenciação das etiologias pela USP baseia-se no padrão, distribuição e características das linhas B e do deslizamento pleural. Entretanto, nenhum achado ultrassonográfico isolado deve ser patognomônico de determinada doença, sendo necessário correlacionar os achados com o quadro clínico e outros exames auxiliares (BESHARA *et al.*, 2024; BLANCO *et al.*, 2016; ZHAO *et al.*, 2026; PICANO *et al.*, 2018).

Na exacerbação da DPOC haverá uma USP com padrão normal de linhas A (perfil A), sem síndrome alvéolo-pleural posterolateral (PLAPS), um achado que, associado a sintomas respiratórios, torna a congestão pulmonar cardiogênica menos provável, especialmente quando associado ao quadro clínico e à ausência de outros sinais de congestão; entretanto, não exclui a possibilidade de coexistência entre

DPOC/asma e ICA. A pneumonia, por sua vez, diferencia-se do edema pulmonar cardiogênico principalmente pela assimetria e pelo caráter focal dos achados ultrassonográficos, frequentemente associados a alterações da linha pleural. Enquanto o edema pulmonar cardiogênico tipicamente apresenta padrão difuso e bilateral das linhas B, na pneumonia essas linhas tendem a ser unilaterais ou esparsas, frequentemente acompanhadas por consolidação subpleural ou lobar, broncogramas aéreos e alterações da li-

nha pleural, como irregularidades ou espessamento, além do deslizamento pleural reduzido ou ausente no local do acometimento (perfil B). A presença de A presença de duas ou mais dessas características pode auxiliar na diferenciação de síndromes intersticiais não cardiogênicas (como pneumonia) e edema pulmonar cardiogênico, apresentando alta especificidade, porém baixa sensibilidade (STAUB *et al.*, 2019; HELDEWEG *et al.*, 2022; PICANO *et al.*, 2018; BLANCO *et al.*, 2016).

Figura 24.1 Principais padrões da ultrassonografia pulmonar



Nota: As linhas A (superior esquerdo) representam um pulmão normalmente aerado. As linhas B associadas a uma linha pleural regular (superior direito) são o padrão típico da congestão pulmonar, frequentemente observado na insuficiência cardíaca aguda. O derrame pleural com consolidação pulmonar (inferior esquerdo) corresponde ao acúmulo de líquido no espaço pleural associado à perda de aeração do pulmão. As linhas B com linha pleural irregular (inferior direito) sugerem doença pulmonar de outra etiologia, como pneumonia. **Fonte:** PICANO *et al.*, 2018.

Avaliação da congestão venosa

Na insuficiência cardíaca aguda (ICA), a disfunção miocárdica e o aumento das pressões de enchimento ventriculares resultam na elevação retrógrada das pressões venosas e em congestão sistêmica. A avaliação clínica baseada

exclusivamente no exame físico, como turgência jugular, hepatomegalia e edema periférico, apresenta baixa sensibilidade e, em geral, identifica a sobrecarga volêmica apenas em estágios tardios. Para superar essas limitações, a ultrassonografia *point-of-care* (POCUS) é utilizada

para a avaliação quantitativa e em tempo real do status volêmico diretamente à beira do leito (NÚÑEZ-RAMOS *et al.*, 2024; SANTOS *et al.*, 2025).

A avaliação ultrassonográfica da congestão sistêmica inicia-se pela análise da veia cava inferior (VCI). Através da janela subxifoide, mede-se o diâmetro ântero-posterior máximo e o índice de colapsibilidade respiratória da VCI para estimar a pressão do átrio direito (PAD) e o retorno venoso. Uma VCI dilatada com variação respiratória reduzida ou ausente indica pressões venosas centrais elevadas. No entanto, a dinâmica da VCI sofre interferência de fatores como ventilação mecânica com pressão positiva, hipertensão pulmonar e disfunção primária do ventrículo direito, o que exige cautela na sua interpretação isolada (CERIANI *et al.*, 2025; JOHRI *et al.*, 2023). Nesse sentido, embora a avaliação da VCI seja útil como marcador inicial de congestão, sua interpretação isolada pode não refletir adequadamente a repercussão da congestão nos diferentes órgãos, justificando a utilização de métodos multissistêmicos, como o VExUS (ARGAIZ, 2021).

Para quantificar o impacto da congestão nos órgãos-alvo, aplica-se o protocolo VExUS. O método baseia-se na premissa de que a pressão venosa central elevada se transmite retrogradamente para a microcirculação, alterando o padrão do fluxo sanguíneo. Utilizando o Doppler pulsátil, o VExUS gradua a congestão em três leitos venosos: hepático, porta e intrarrenal. Na veia hepática, o aumento da PAD altera a proporção das ondas sistólica (S) e diastólica (D), podendo inverter o fluxo sistólico. Na veia porta, cujo fluxo normal é contínuo, a congestão sistêmica gera um padrão pulsátil, indicando repercussão hemodinâmica no leito esplâncnico (JOHRI *et al.*, 2023; ABBAWY *et al.*, 2026). Além de caracterizar a intensidade da congestão, o VExUS apresenta relevância

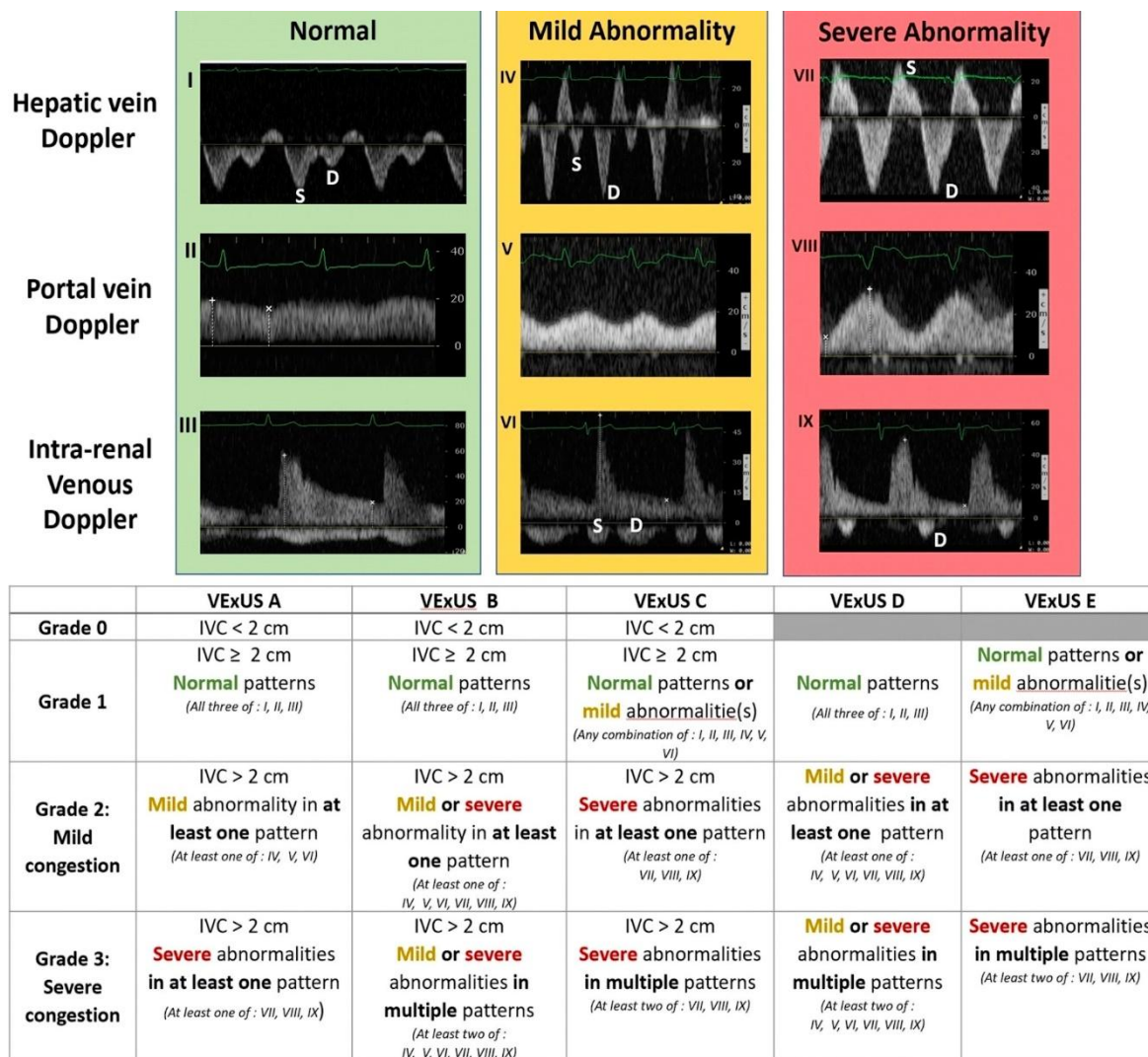
prognóstica na insuficiência cardíaca aguda. Estudos recentes demonstram associação entre graus mais elevados de congestão venosa e maior ocorrência de eventos adversos, incluindo mortalidade, reinternação por insuficiência cardíaca e lesão renal aguda. Em uma coorte de pacientes com ICA, na população estudada, indivíduos com VExUS ≥ 2 apresentaram maior risco de mortalidade ou hospitalização por insuficiência cardíaca em um ano, reforçando o potencial do método para estratificação prognóstica (LANDI *et al.*, 2024).

A avaliação do componente renal no VExUS auxilia na predição de desfechos clínicos na ICA. A análise com doppler das veias intrarrenais (ou interlobares) identifica o grau de congestão venosa que compromete a taxa de filtração glomerular. O fluxo venoso renal, que em condições normais é contínuo, torna-se bifásico e, posteriormente, monofásico diastólico em quadros de congestão grave. Essa alteração hemodinâmica precede a injúria renal aguda secundária à disfunção cardíaca (síndrome cardi-renal), justificando a necessidade de sua identificação precoce (CERIANI *et al.*, 2025; SANTOS *et al.*, 2025).

A sistematização visual desses achados é fundamental para a correta aplicação clínica do escore e padronização da linguagem entre os examinadores. A **Figura 24.2** lustra de forma esquemática a progressão das alterações nos padrões de fluxo com o doppler e detalha a matriz de estratificação para definir a gravidade da congestão sistêmica.

Para otimizar a acurácia diagnóstica e terapêutica, a avaliação da congestão venosa deve ser integrada a uma análise hemodinâmica multissistêmica, incluindo a ecocardiografia focada (FoCUS) e a ultrassonografia pulmonar. A correlação entre os achados da VCI, o escore VExUS, a função cardíaca e a presença de linhas B pulmonares direciona a conduta médica.

Figura 24.2 Sistema de graduação ultrassonográfica da congestão venosa pelo protocolo VExUS



Nota: O painel superior ilustra a progressão dos padrões de fluxo doppler, normal, alteração leve e alteração grave, nos territórios das veias hepática, porta e intrarrenal. O painel inferior detalha a estratificação dos graus de congestão (Grau 0 a Grau 3), baseando-se no diâmetro inicial da veia cava inferior (VCI) superior ou inferior a 2 cm, associado à gravidade e à multiplicidade das anormalidades encontradas nos fluxos venosos. **Fonte:** BEAUBIEN-SOULIGNY *et al.*, 2020.

Essa abordagem integrada permite acompanhar a evolução da congestão e avaliar a resposta à terapia descongestiva, reduzindo o risco de decisões baseadas em um único parâmetro ultrassonográfico. Além disso, a persistência de congestão venosa após o tratamento apresenta associação com pior prognóstico, reforçando o papel do POCUS não apenas no diagnóstico, mas também na estratificação de risco e no acompanhamento da resposta terapêutica (SAADI *et al.*, 2025).

Manejo e monitorização

O uso do *point-of-care ultrasound* (POCUS) como ferramenta complementar na orientação da terapia de fluidos e descongestão

O manejo dos fluidos constitui um dos pilares do tratamento de pacientes com insuficiência cardíaca, choque circulatório e outras condições críticas. Entretanto, a decisão entre administrar fluidos intravenosos ou promover a remoção de volume por meio de diuréticos permanece um desafio clínico, uma vez que sinais

tradicionais, como pressão arterial, pressão venosa jugular, edema periférico e alterações laboratoriais, apresentam sensibilidade e especificidade limitadas para refletir o verdadeiro estado hemodinâmico do paciente. Nesse cenário, o POCUS consolidou-se como uma ferramenta capaz de complementar o exame físico e fornecer informações fisiológicas em tempo real, tornando a tomada de decisão mais individualizada (KAN *et al.*, 2025).

O princípio fundamental do POCUS no manejo dos fluidos consiste em integrar achados que auxiliem a estimar congestão, perfusão e função cardíaca, contribuindo para a decisão sobre reposição volêmica ou intensificação da descongestão. Para responder a essas questões, o exame deve ser realizado de forma multiorgânica, integrando a avaliação cardíaca, pulmonar e venosa, em vez de basear a conduta em um único parâmetro ultrassonográfico (KAN *et al.*, 2025).

Integração com biomarcadores, protocolos (BLUE/RUSH) e limitações

- Integração com BNP / NT-proBNP: embora os peptídeos natriuréticos representem o padrão-ouro laboratorial na estratificação diagnóstica, sua acurácia pode ser comprometida por variáveis clínicas, como falsos-positivos na doença renal crônica, sepse e fibrilação atrial, ou falsos-negativos na obesidade. A integração do POCUS com a dosagem de NT-proBNP pode reduzir essas "zonas cinzentas" diagnósticas em tempo real à beira do leito, associando a elevação pressórica à confirmação visual direta de congestão intersticial (linhas B) e sobrecarga cavitária antes da liberação laboratorial, além de auxiliar no monitoramento da resposta clínica pré-alta (MARTINDALE *et al.*, 2016; PLATZ *et al.*, 2019; SAADI *et al.*, 2026).

- Protocolo BLUE (*bedside lung ultrasound in emergency*): desenvolvido para a elucidação

diagnóstica algorítmica e rápida da insuficiência respiratória aguda à beira do leito (LICHTENSTEIN; MEZIÈRE, 2008):

Perfil B: deslizamento pleural preservado com linhas B difusas e bilaterais (≥ 3 linhas B por campo intercostal), apresentando alta sensibilidade e especificidade para edema pulmonar cardiogênico.

Perfil A: predomínio de linhas A com deslizamento pleural; sugere exacerbação de DPOC/asma ou, quando associado a achado de trombose venosa profunda (TVP), alta suspeição de tromboembolismo pulmonar (TEP).

Perfil A/B ou perfil C: padrões assimétricos ou consolidações subpleurais com broncogramas aéreos, indicativos de acometimento inflamatório/infeccioso (pneumonia).

Perfil A sem deslizamento + ponto pulmonar (*lung point*): padrão patognomônico de pneumotórax.

- Protocolo RUSH (*rapid ultrasound in shock*): estrutura a investigação sistematizada do paciente com choque indiferenciado ou hipotensão grave por meio do mnemônico funcional "*The Pump, The Tank, The Pipes*" (PERRERA *et al.*, 2010; WEINGART *et al.*, 2006):

The Pump (A Bomba): avaliação ecocardiográfica focada da contratilidade sistólica do VE (choque cardiogênico vs. hiperdinâmico), sobrecarga ventricular direita/sinal de McConnell (TEP obstrutivo) e descarte de derrame pericárdico com tamponamento cardíaco.

The Tank (O Reservatório): estimativa da volemia e pressões de enchimento por meio do diâmetro e colapsabilidade da veia cava inferior (VCI), presença de linhas B pulmonares e rastreamento de líquido livre cavitário (FAST).

- Dependência do operador e curva de aprendizado: a acurácia das modalidades POCUS é operador-dependente, exigindo treinamento supervisionado e proficiência técnica para evitar equívocos na aquisição de janelas e

na interpretação de artefatos (ex.: diferenciar linhas B patológicas de linhas Z inocentes ou medir inadequadamente a VCI fora do eixo) (MARTINDALE *et al.*, 2016; KAN *et al.*, 2025).

- Limitações de janela acústica: obesidade mórbida, enfisema subcutâneo, curativos torácicos pós-cirúrgicos, drenos e deformidades anatômicas da parede torácica podem degradar substancialmente a qualidade das imagens adquiridas (CALDERON MARTINEZ *et al.*, 2023).

- Falso-positivos em Linhas B: o achado de linhas B denota aumento da água extravascular e perda de aeração, mas não é exclusivo da congestão hidrostática. Síndromes intersticiais não cardiogênicas (SDRA, fibrose pulmonar, pneumonites e pneumonias virais) também cursam com linhas B; a diferenciação diagnóstica apoia-se na regularidade da linha pleural (fina e lisa na ICA vs. espessada, fragmentada e heterogênea em etiologias inflamatórias) (PICANO *et al.*, 2018; HELDWEG *et al.*, 2022).

- Fatores de confusão na análise da VCI: em pacientes sob ventilação mecânica invasiva com PEEP elevada, a mecânica intratorácica inverte as oscilações respiratórias da VCI (distensibilidade em vez de colapsabilidade). Além disso, hipertensão pulmonar crônica e insuficiência tricúspide grave promovem pletora sustentada da veia cava inferior mesmo na ausência de hipervolemia aguda (KEARNEY *et al.*, 2022; KAN *et al.*, 2025).

Monitorização da resposta terapêutica por meio do POCUS

Além de subsidiar a decisão inicial entre reposição volêmica e terapia diurética, o POCUS desempenha papel central na monitorização da resposta terapêutica em pacientes com insuficiência cardíaca aguda. Sua principal vantagem

consiste na possibilidade de realização de avaliações seriadas à beira do leito, permitindo acompanhar, de forma dinâmica, as modificações da função cardíaca, do perfil hemodinâmico e do grau de congestão ao longo da evolução clínica. Essa característica possibilita identificar precocemente falhas terapêuticas, orientar ajustes na conduta e avaliar a eficácia das intervenções instituídas (JOHRI *et al.*, 2018; HUSSAIN *et al.*, 2024).

A monitorização ultrassonográfica permite documentar objetivamente a resposta ao tratamento descongestionante por meio da redução das linhas B na ultrassonografia pulmonar, da melhora dos padrões doppler venosos avaliados pelo protocolo *Venous Excess Ultrasound* (VExUS) e da normalização de parâmetros ecocardiográficos relacionados às pressões de enchimento e à função ventricular. A persistência desses achados, por outro lado, pode indicar congestão residual, justificando a intensificação da terapia diurética ou a reavaliação da estratégia terapêutica (KAN *et al.*, 2025; KEARNEY *et al.*, 2022).

Outro aspecto relevante consiste no acompanhamento contínuo do estado hemodinâmico. A integração entre ecocardiografia focada, ultrassonografia pulmonar e avaliação venosa fornece uma visão abrangente da fisiologia cardiovascular, permitindo identificar alterações no débito cardíaco, nas pressões de enchimento e na congestão sistêmica. Essa abordagem favorece ajustes individualizados da terapia, incluindo a administração de diuréticos, vasopressores, inotrópicos ou fluidos, de acordo com a evolução clínica e os achados ultrassonográficos (JOHRI *et al.*, 2018; KAN *et al.*, 2025).

Entretanto, nenhum parâmetro ultrassonográfico deve ser interpretado isoladamente. Conforme destacado por Kan *et al.* (2025), a

monitorização deve basear-se em uma avaliação multiorgânica, integrando informações obtidas pela ecocardiografia focada, ultrassonografia pulmonar e avaliação venosa. Da mesma forma, Kearney *et al.* (2022) ressaltam que a interpretação conjunta desses achados aumenta a acurácia na diferenciação entre hipovolemia e congestão, reduzindo o risco tanto da administração inadequada de fluidos quanto da intensificação desnecessária da terapia diurética.

Além do impacto sobre a tomada de decisão terapêutica, o POCUS apresenta importante valor prognóstico. A persistência de congestão pulmonar, alterações compatíveis com congestão venosa sistêmica e elevação das pressões de enchimento durante a internação estão associadas à pior evolução clínica, maior tempo de hospitalização e aumento do risco de reinternação. Assim, o POCUS deixa de ser apenas uma ferramenta diagnóstica e passa a integrar o acompanhamento evolutivo do paciente com insuficiência cardíaca aguda, permitindo que as condutas terapêuticas sejam continuamente avaliadas de acordo com a resposta clínica (ALADHAM *et al.*, 2025; KAN *et al.*, 2025).

Perspectivas futuras (POCUS portátil e IA)

Em primeiro plano, vale ressaltar que o futuro do POCUS está diretamente relacionado à miniaturização tecnológica. A miniaturização tecnológica permitiu a criação de equipamentos de ultrassonografia ultraleves e portáteis, cujas telas possuem as dimensões de um celular. Além disso, pode-se citar também a criação das sondas ultrassonográficas (*handheld*) que se conectam diretamente a tablets e celulares através de conexão sem fio, como o *bluetooth*. Esses dispositivos apresentam excelente desempenho clínico, sendo capazes de obter imagens pulmonares e cardíacas adequadas à beira do leito. Além disso, essas tecnologias inovadoras permitem que uma única sonda exiba imagens em

múltiplos formatos que antes exigiam diferentes transdutores. Essa facilidade de transporte proporciona o conceito de "clínicas inteligentes" (*smart clinics*) e a expansão do Tele-POCUS, pois, com as imagens sendo interpretadas remotamente, essa tecnologia aumenta o acesso à saúde cardiovascular e promove equidade assistencial em regiões sem infraestrutura especializada no âmbito da saúde pública. Entretanto, apesar de sua portabilidade e acessibilidade, a ampla adoção de sistemas portáteis enfrenta desafios econômicos: dispositivos *handheld* possuem um custo internacional estimado entre US\$ 4.000 e US\$ 6.000, valor acrescido de despesas recorrentes com assinaturas de softwares e serviços de atualização. Além disso, o uso de aparelhos ultraportáteis pode, por vezes, oferecer menor resolução de imagem em comparação com plataformas de grande porte (CALDERON MARTINEZ *et al.*, 2023; SAADI *et al.*, 2026).

Em segundo plano, é fundamental comentar que a inteligência artificial (IA) e o *machine learning* (ML) surgiram como catalisadores para a democratização e automação do POCUS. Em relação à aquisição, algoritmos de *deep learning* oferecem suporte em tempo real para o posicionamento do transdutor, auxiliando médicos menos experientes a obter imagens de qualidade diagnóstica. Na interpretação de exames de ICA, a IA permite a automação e a quantificação instantânea de parâmetros complexos, como a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), o colapso da veia cava inferior e a contagem automática de linhas B pulmonares, reduzindo a variabilidade entre observadores. Além do mais, técnicas de aprendizado de máquina não supervisionado (*clustering*) proporcionam a fenotipagem de precisão. Dispositivos miniaturizados e aplicativos móveis geram um fluxo contínuo de dados complexos que supe-

ram a capacidade dos softwares estatísticos tradicionais, possibilitando a evolução do ML, com a qual é possível distinguir novos subtipos de pacientes com insuficiência cardíaca (como na ICFeP), auxiliando a prever quais subtipos responderão de melhor maneira a terapias medicamentosas específicas e proporcionando uma medicina cardiovascular personalizada. Sendo assim, o POCUS apresenta potencial para integrar estratégias de medicina cardiovascular de precisão; entretanto, ele deve ser usado de forma complementar a outros exames e protocolos multissistêmicos, a exemplo do escore VExUS para a quantificação da congestão venosa, a fim de obter um diagnóstico mais preciso e completo (SEETHARAM *et al.*, 2022; SAADI *et al.*, 2026).

CONCLUSÃO

O ultrassom *point-of-care* (POCUS) constitui uma ferramenta complementar na avaliação da insuficiência cardíaca aguda, ampliando a capacidade do exame clínico por meio da obtenção rápida de informações anatômicas, funcionais e hemodinâmicas à beira-leito. A integração da ecocardiografia focada, da ultrassonografia pulmonar e da avaliação da congestão venosa pode reduzir a incerteza diagnóstica e contribuir para uma caracterização mais completa do perfil clínico do paciente.

Na ICA, a identificação de sinais de congestão pulmonar, alterações da função ventricular e congestão venosa sistêmica permite acompanhar diferentes componentes da síndrome de

forma dinâmica. A possibilidade de realizar avaliações seriadas também favorece a monitorização da resposta à terapia descongestiva e a reavaliação da estratégia terapêutica ao longo da internação, sempre em conjunto com dados clínicos, laboratoriais e outros métodos diagnósticos.

Entretanto, o POCUS não deve ser interpretado como substituto da ecocardiografia convencional ou de outros exames complementares. Seus achados são dependentes do operador e podem sofrer influência de condições clínicas e técnicas, como ventilação mecânica, hipertensão pulmonar, disfunção ventricular direita, alterações da parede torácica e doenças pulmonares concomitantes. Dessa forma, a capacitação estruturada, o reconhecimento das limitações e a interpretação integrada dos achados são fundamentais para seu uso seguro.

Os avanços tecnológicos, incluindo dispositivos portáteis e ferramentas baseadas em inteligência artificial, tendem a ampliar as possibilidades de utilização do POCUS, especialmente na aquisição e quantificação automatizada de imagens. Contudo, a incorporação dessas tecnologias deve acompanhar processos de validação clínica, treinamento baseado em competências e protocolos padronizados. Assim, o POCUS apresenta potencial para aprimorar a avaliação e o acompanhamento de pacientes com ICA, mas seu benefício clínico depende de integração adequada ao raciocínio clínico e às demais estratégias diagnósticas e terapêuticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBAWY, M. *et al.* Point-of-care echocardiography training pathways: a global perspective and the need for standardisation. *Open Heart*, v. 13, e004057, 2026. doi: 10.1136/openhrt-2026-004057.
- ALADHAM, R. *et al.* Impact of physician performed point of care ultrasound (POCUS) during first outpatient cardiology consultation on patient management and downstream testing. *Echocardiography*, v. 40, p. 475, 2023. doi: 10.1111/echo.15576.
- ALCANTARA, M.L. *et al.* Positioning statement on the use of point-of-care ultrasound in cardiovascular medicine – 2026. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 123, e20260222, 2026. doi: 10.36660/abc.20260222.
- ALERHAND, S. *et al.* Cardiac point-of-care ultrasound: an emergency medicine review. *Emergency Medicine Clinics of North America*, v. 42, p. 731, 2024. doi: 10.1016/j.emc.2024.05.004.
- ARGAIZ, E.R. VEXUS Nexus: bedside assessment of venous congestion. *Advances in Chronic Kidney Disease*, v. 28, p. 252, 2021. doi: 10.1053/j.ackd.2021.03.004.
- BESHARA, M. *et al.* Nuts and bolts of lung ultrasound: utility, scanning techniques, protocols, and findings in common pathologies. *Critical Care*, v. 28, p. 328, 2024. doi: 10.1186/s13054-024-05102-y.
- BEAUBIEN-SOULIGNY, W. *et al.* Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. *The Ultrasound Journal*, v. 12, p. 16, 2020.
- BLANCO, P.A.; CIANCIULLI, T.F. Pulmonary edema assessed by ultrasound: impact in cardiology and intensive care practice. *Echocardiography*, v. 33, p. 778, 2016. doi: 10.1111/echo.13182.
- BUESSLER, A. *et al.* Accuracy of several lung ultrasound methods for the diagnosis of acute heart failure in the ED: a multicenter prospective study. *Chest*, v. 157, p. 99, 2020. doi: 10.1016/j.chest.2019.07.017.
- CALDERON MARTINEZ, E. *et al.* Point-of-care ultrasound for the diagnosis of frequent cardiovascular diseases: a review. *Cureus*, v. 15, e51032, 2023. doi: 10.7759/cureus.51032.
- CERIANI, E. *et al.* Point of care ultrasound: focus on evidence for a critical appraisal. *European Journal of Internal Medicine*, v. 141, p. 106376, 2025. doi: 10.1016/j.ejim.2025.06.005.
- CHIU, L. *et al.* Meta-analysis of point-of-care lung ultrasonography versus chest radiography in adults with symptoms of acute decompensated heart failure. *The American Journal of Cardiology*, v. 174, p. 89, 2022. doi: 10.1016/j.amjcard.2022.03.022.
- HELDEWEG, M.L.A. *et al.* The impact of lung ultrasound on clinical-decision making across departments: a systematic review. *The Ultrasound Journal*, v. 14, p. 5, 2022. doi: 10.1186/s13089-021-00253-3.
- HUSSAIN, A. *et al.* Advanced cardiac point-of-care ultrasound: a systematic review of select cardiac diseases. *Medical Clinics of North America*, v. 109, p. 81, 2025. doi: 10.1016/j.mcna.2024.08.009.
- IAREMCHUC, K. *et al.* Insuficiência cardíaca aguda no pronto-socorro: impacto do ultrassom à beira-leito (POCUS) na acurácia diagnóstica e no tempo de conduta. *Cognitus Interdisciplinary Journal*, v. 3, 2026. doi: 10.71248/gtz39j93.
- JOHRI, A.M. *et al.* The evolution of cardiovascular ultrasound: a review of cardiac point-of-care ultrasound (POCUS) across specialties. *The American Journal of Medicine*, v. 136, p. 621, 2023. doi: 10.1016/j.amjmed.2023.02.020.
- KAN, J.Y. *et al.* Demystifying volume status: an ultrasound-guided physiologic framework. *Chest*, v. 167, p. 1667, 2025. doi: 10.1016/j.chest.2024.12.026.
- KEARNEY, D. *et al.* Integrative volume status assessment. *POCUS Journal*, v. 7, p. 65, 2022. doi: 10.24908/pocus.v7iKidney.15023.
- KOVELL, L.C. *et al.* Defining the role of point-of-care ultrasound in cardiovascular disease. *The American Journal of Cardiology*, v. 122, p. 1443, 2018. doi: 10.1016/j.amjcard.2018.06.054.
- LANDI, I. *et al.* Assessment of venous congestion with venous excess ultrasound score in the prognosis of acute heart failure in the emergency department: a prospective study. *European Heart Journal Open*, v. 4, oae050, 2024. doi: 10.1093/ehjopen/oae050.
- LATSIOS, G. *et al.* The role of point-of-care ultrasound in cardiac arrest: a narrative review. *Archives of Academic Emergency Medicine*, v. 13, e68, 2025. doi: 10.22037/aaemj.v13i1.2748.
- LICHTENSTEIN, D.A.; MEZIERE, G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*, v. 134, p. 117, 2008. doi: 10.1378/chest.07-2800.
- MARTINDALE, J.L. *et al.* Diagnosing acute heart failure in the emergency department: a systematic review and meta-analysis. *Academic Emergency Medicine*, v. 23, p. 223, 2016. doi: 10.1111/acem.12878.

NOOR, A. *et al.* Point-of-care ultrasound use in hemodynamic assessment. *Biomedicines*, v. 13, p. 1426, 2025. doi: 10.3390/biomedicines13061426.

NÚÑEZ-RAMOS, J.A. *et al.* Agreement of point of care ultrasound and final clinical diagnosis in patients with acute heart failure, acute coronary syndrome, and shock: POCUS not missing the target. *Internal and Emergency Medicine*, v. 19, p. 1585, 2024. doi: 10.1007/s11739-024-03639-y.

PERERA, P. *et al.* The RUSH exam: rapid ultrasound in SHock in the evaluation of the critically ill. *Emergency Medicine Clinics of North America*, v. 28, p. 29, 2010. doi: 10.1016/j.emc.2009.09.010.

PICANO, E. *et al.* Lung ultrasound for the cardiologist. *JACC: Cardiovascular Imaging*, v. 11, p. 1692, 2018. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.06.023.

PLATZ, E. *et al.* Lung ultrasound in acute heart failure: prevalence of pulmonary congestion and short- and long-term outcomes. *JACC: Heart Failure*, v. 7, p. 849, 2019. doi: 10.1016/j.jchf.2019.07.008.

SAADI, M.P. *et al.* The rise of point-of-care ultrasound in cardiopulmonary diagnostics. *European Heart Journal – Imaging Methods and Practice*, v. 4, 2026. doi: 10.1093/ehjimp/kyaf147.

SANTOS, S.C. *et al.* Mortalidade por insuficiência cardíaca e desenvolvimento socioeconômico no Brasil, 1980 a 2018. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 117, p. 944, 2021. doi: 10.36660/abc.20200902.

SEETHARAM, K. *et al.* Applications of machine learning in cardiology. *Cardiology and Therapy*, v. 11, p. 355, 2022. doi: 10.1007/s40119-022-00273-7.