

Dr. Luis Henrique Coletto

# Janelas ecocardiográficas básicas

Um guia prático de ultrassonografia para  
exame cardíaco focado

---



2024

# Ao leitor

Para tornar o conteúdo mais interativo e facilitar a visualização das imagens ecocardiográficas, as imagens de ultrassom numeradas de 2 a 7 contêm links que levam a animações correspondentes às janelas ultrassonográficas estudadas. Basta clicar em cima de qualquer uma dessas imagens para acessar o GIF específico.

Tenha uma boa leitura!

Att. Equipe SJPOCUS.

# Conceitos básicos em ecocardiografia

## Escolha do transdutor

O primeiro passo da avaliação ultrassonográfica consiste na escolha correta das pré-configurações (ou *presets*) e do tipo de transdutor a ser utilizado<sup>1</sup>.

Vamos começar compreendendo melhor os tipos de transdutores disponíveis e suas respectivas especificações.

Na maioria dos aparelhos que utilizamos na prática clínica, os transdutores são multifrequenciais, contendo cristais piezoelétricos funcionando em uníssono. Os principais tipos de arranjos disponíveis são: convexos, lineares e setoriais<sup>1</sup>.

Imagem 1: da esquerda para a direita: transdutor convexo, transdutor setorial e transdutor linear [imagem da internet]. Fonte: PoCUS – Medicina USP Bauru<sup>2</sup>.



## Transdutor convexo

- Gera ondas de baixa frequência, possibilitando boa visualização de estruturas profundas, apesar de possuir uma resolução inferior quando comparado ao linear;
- Produz imagem em formato de trapézio;

- É o principal transdutor utilizado no protocolo de avaliação E-FAST.

## Transdutor setorial

- Produz ondas de baixa frequência, o que possibilita visualização de estruturas mais profundas;
- Gera imagem em formato triangular, característica que possibilita um fácil acesso através dos arcos costais. Por esse motivo, quando disponível, é a escolha principal para avaliação cardíaca;
- Essa mesma vantagem citada é uma desvantagem no que diz respeito ao estudo de estruturas superficiais – portanto um transdutor ruim para avaliação pleural, por exemplo.

## Transdutor linear

- Ao contrário dos anteriores, é um transdutor de alta frequência – ou seja, possui ótima resolução para estruturas superficiais, porém sem capacidade para avaliação de estruturas profundas;
- Gera imagem em formato retangular, sendo útil para avaliação pleural e de estruturas vasculares;
- Por mostrar toda a superfície de contato do transdutor com a pele desde o início da imagem, é útil em procedimento guiados por ultrassom.

## Ajustes básicos do aparelho

Após ter feito a escolha do transdutor conforme os princípios acima, o próximo passo será configurar ajustes básicos do aparelho<sup>1</sup>.

Ao selecionar um determinado transdutor, grande parte dos aparelhos apresentará pré-definições compatíveis com aquele tipo de transdutor. Por exemplo: ao conectar um transdutor curvilíneo, o aparelho disponibilizará as opções de *preset* hepático, abdominal, muscular, etc.

Alguns ajustes adicionais podem ajudar a melhorar a qualidade da imagem formada, nos auxiliando na realização do exame<sup>1</sup>:

- **Ganho (*gain*):** de maneira simplificada, o ganho será responsável pelo ajuste do “brilho” da imagem. O ajuste do ganho é realizado através do “controle geral do ganho” e do “*time gain compensation*” (TGC).
- **Congelamento de imagem:** controle essencial para documentar imagens e evitar fatores confundidores no exame dinâmico, tais como respiração, batimentos cardíacos, entre outros. Pode aparecer na tela sob o nome de “*freeze*”.
- **Focalização:** diz respeito ao posicionamento do feixe acústico em diferentes profundidades, melhorando assim a resolução da imagem nessas áreas. Para o exame pleural na avaliação de pneumotórax, por exemplo, o foco deverá estar localizado a nível da pleura.
- **Profundidade:** a profundidade da imagem deve ser ajustada de acordo com a imagem que se pretende obter. Para visualização de estruturas mais profundas, uma profundidade maior se faz mais adequada, enquanto estruturas superficiais demandam pouca profundidade para serem bem visualizadas.

Existem ainda dois tipos de visualização de imagem utilizados pelos aparelhos de ultrassom, conhecidos como modo B (*brightness mode*) e modo M (*motion mode*):

- **Modo B:** mostra imagens bidimensionais em tempo real, onde diferentes intensidades de ecos são representadas por diferentes níveis de brilho. É o modo mais comum e usado para gerar imagens estáticas de órgãos e tecidos.
- **Modo M:** é usado para observar o movimento de estruturas ao longo do tempo. Ele gera uma imagem linear onde o movimento de estruturas, como válvulas ou paredes do coração, pode ser monitorado em tempo real.

Além dos modos B e M, os aparelhos de ultrassonografia contam também com o modo Doppler, que consiste em um recurso capaz de visualizar e medir o fluxo sanguíneo em tempo real<sup>3</sup>. Baseia-se no **efeito Doppler**, que ocorre quando as ondas de ultrassom são refletidas pelas células sanguíneas em movimento. Essa reflexão altera a frequência das ondas, e o aparelho de ultrassom usa essas variações para calcular a velocidade e a direção do fluxo sanguíneo. Existem 3 tipos principais de ultrassom doppler:

- **Doppler pulsado:** é o mais usado no contexto de terapia intensiva, com o qual obtém-se a integral velocidade-tempo que serve para calcular o débito cardíaco (melhor explicado no próximo capítulo).
- **Doppler colorido:** possibilita a visualização de padrões que fornecem informações a respeito da direção do fluxo sanguíneo. O fluxo que se aproxima do transdutor é

representado em vermelho e o que se afasta, em azul. Os fluxos turbulentos são codificados em verde, amarelo ou, geralmente, como um mosaico de cores.

- **Doppler contínuo:** possui uso limitado no contexto de terapia intensiva, servindo para calcular gradientes de pressão valvulares.

Em posse dos conhecimentos até aqui adquiridos, agora o próximo passo é conhecer as janelas anatômicas mais utilizadas na avaliação cardíaca ultrassonográfica.

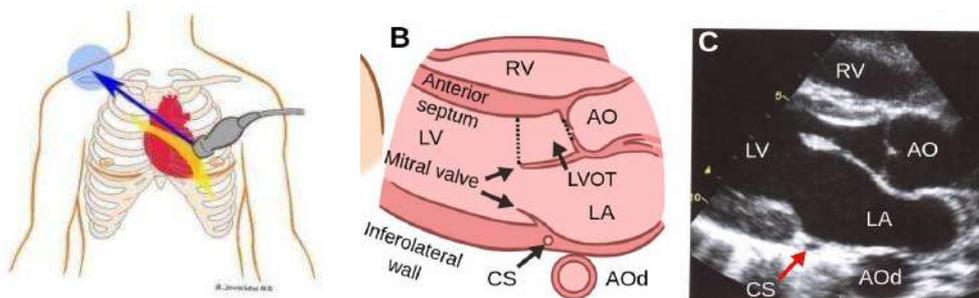
# Janelas ecocardiográficas

Inúmeras janelas podem ser utilizadas para a avaliação cardíaca. No entanto, em geral, para uma análise básica da morfologia e das funções do coração, algumas janelas são classicamente utilizadas, sendo elas: paraesternal eixo longo, paraesternal eixo curto, apical 4 câmaras, apical 5 câmaras, subcostal 4 câmaras e veia cava inferior<sup>3,4</sup>.

## Paraesternal eixo longo

Para a obtenção dessa imagem, posicionamos o transdutor ecocardiográfico próximo à linha paraesternal, entre o terceiro e quarto espaço intercostal, com o seu índice direcionado para o ombro direito do paciente (11 horas). A depender do biotipo do paciente, o transdutor pode e deve ser deslocado, em movimentos circulares pequenos, para um espaço intercostal acima ou abaixo ou mais lateralmente. Esse janelamento possibilita um corte longitudinal do coração, com a visualização de suas estruturas partindo das mais superficiais para as mais profundas, de modo sequencial. Como o VD tende a circundar o VE, ele será a primeira estrutura cardíaca visualizada, seguida do septo interventricular, e do VE. Nesse corte ainda pode ser visualizada a raiz da aorta (Ao), o AE, a artéria pulmonar direita (APd), a aorta torácica descendente (Ao Desc) e as valvas mitral (VM) e aórtica (VAo).

Imagem 2: janela paraesternal eixo longo [imagem da internet]. Fonte: Cetrus<sup>5</sup> e Pocus101<sup>6</sup>.



O paciente internado na UTI em Ventilação Mecânica, muitas vezes, apresenta uma hiperinsuflação pulmonar que dificulta a obtenção dessa janela. Uma alternativa para minimizar esse problema e facilitar a aquisição de uma janela adequada, é levar coração

do paciente para uma topografia mais próxima da parede torácica. Para isso, deve-se posicionar o paciente em decúbito lateral esquerdo.

### **Paraesternal eixo curto**

Mantendo-se o transdutor na topografia onde foi realizada a obtenção da imagem anterior (linha paraesternal, entre o terceiro e quarto espaço intercostal) e redirecionando o seu índice para o ombro esquerdo do paciente (2 horas), passaremos a realizar um corte transversal do ventrículo esquerdo. Conforme inclinamos o transdutor nesse ponto em diferentes posições, podemos analisar o VE em diferentes planos e, assim, visualizar todas as suas estruturas, como válvula mitral e músculos papilares.

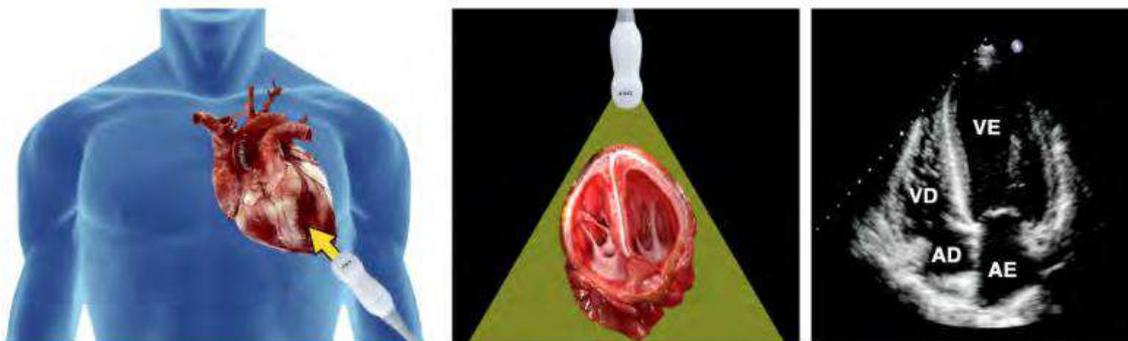
Imagem 3: janela paraesternal eixo curto [imagem da internet]. Fonte: Cetrus<sup>5</sup> e Pocus101<sup>6</sup>.



### **Apical 4 câmaras**

A janela apical 04 câmaras (A4C) é obtida com a colocação do transdutor ecocardiográfico sobre o ictus cardíaco, o qual tende a se encontrar em torno do quinto espaço intercostal, na linha hemiclavicular (podendo estar tanto em espaços intercostais acima ou abaixo do indicado, quanto mais voltado para a esquerda ou para direita da linha de base, o que pode ser explicado pelo biotipo do paciente e pela dimensão das câmaras cardíacas. O índice deverá estar voltado para o lado esquerdo do paciente (03 horas). Nesse janelamento, posicionar o paciente em decúbito lateral esquerdo pode melhorar a qualidade da imagem por aproximar o ictus cardíaco da parede torácica.

Imagem 4: janela apical 4 câmaras. Fonte: Costa Alves PR, Gottardo PC. Ultrassonografia à beira leito: o que todo médico deveria saber<sup>4</sup> e Pocus101<sup>6</sup>.

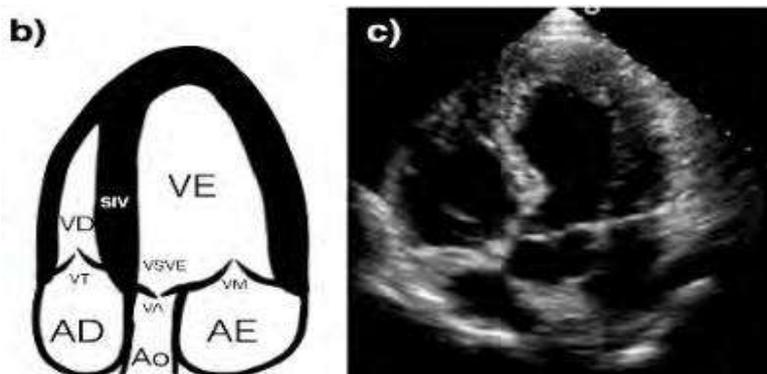


Nesse corte podemos visualizar o VD, o SIV, o VE, as VM, a Válvula Tricúspide (VT), o AE, o AD, além de poder ser visualizada a veia cava superior e as veias pulmonares, contudo, para isso, geralmente é necessário um maior nível de treinamento e expertise. A diferenciação das câmaras ventriculares nesse corte pode ser realizada com a detecção de algumas características básicas do VD, como a presença de bandas moderadoras e a inserção da VT, que se encontra acima da inserção da VM, em relação a sua apresentação na imagem do aparelho de ecocardiografia.

### Janela apical 5 câmaras

Mantendo-se o transdutor no ictus de VE, basculando-o em sentido cranial, além das 04 câmaras visualizadas no A4C, a raiz da Aorta (Ao) pode ser identificada, assim como a valva aórtica (VA) e a Via de Saída de Ventrículo Esquerdo (VSVE). Este corte é conhecido como Apical de 05 Câmaras (A5C).

Imagem 5: janela apical 5 câmaras. Fonte: adaptado de Costa Alves PR, Gottardo PC. Ultrassonografia à beira leito: o que todo médico deveria saber<sup>4</sup> e Pocus101<sup>6</sup>.

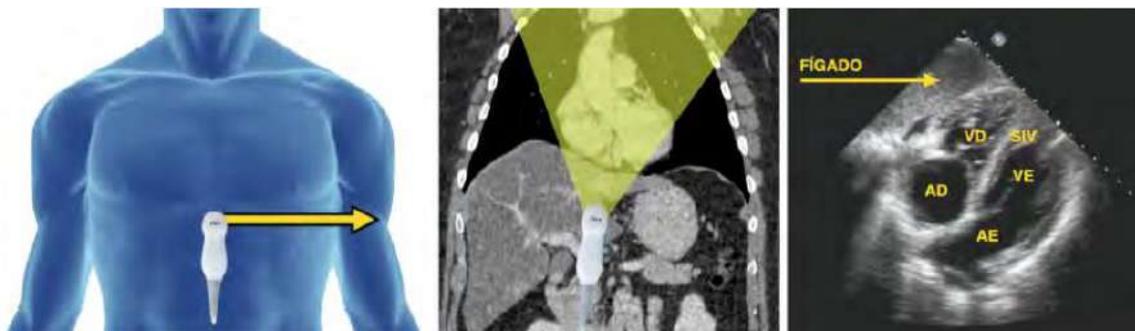


Nessa janela podemos visualizar o fluxo da VSVE e aferir a Velocidade Integral Tempo (VTi) do VE, para a mensuração do Volume Sistólico (VS) de VE e por conseguinte do Débito Cardíaco (DC).

## Janela subcostal 4 câmaras e avaliação de veia cava inferior

Esse janelamento é obtido com o paciente em decúbito dorsal e o transdutor posicionado na região epigástrica, direcionado para a região da nuca, de modo que o feixe ultrassonográfico fique quase paralelo ao plano do tórax, com o índice voltado para o lado esquerdo do paciente.

Imagem 6: janela subcostal 4 câmaras. Fonte: Costa Alves PR, Gottardo PC. Ultrassonografia à beira leito: o que todo médico deveria saber<sup>4</sup> e Pocus101<sup>6</sup>.



Através da janela subcostal, mantendo-se o transdutor na região epigástrica, perpendicular à parede abdominal e com o índice voltado para a fúrcula esternal, pode-se obter a visualização da veia cava inferior.

Imagem 7: avaliação de veia cava inferior. Fonte: Costa Alves PR, Gottardo PC. Ultrassonografia à beira leito: o que todo médico deveria saber<sup>4</sup> e Pocus101<sup>6</sup>.



# Obtenção do VTI e estimativa do débito cardíaco

O débito cardíaco (DC) é o produto do Volume Sistólico (VS) pela Frequência cardíaca (FC). O VS (volume de sangue ejetado a cada ciclo cardíaco) pode ser estimado pelo US cardíaco com base na fórmula do orifício hidráulico, segundo a qual o fluxo através de um orifício fixo é igual ao produto da sua área seccional transversa pela velocidade do fluxo através do mesmo<sup>4</sup>.

Considerando que a aorta possui um formato cilíndrico, para realizar essa estimativa precisamos adquirir a área de sua base e a sua altura. Para o cálculo da base do cilindro devemos obter a janela paraesternal eixo longo e mensurar o diâmetro da via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE). Esse valor será considerado o diâmetro da base do cilindro. O raio da base do cilindro corresponde ao diâmetro dividido por 2. Em posse do valor do raio, para obter a área da base do cilindro, basta usar a fórmula da área de um círculo ( $\pi r^2$ ).

O segundo dado necessário é a altura do cilindro. Esse pode ser obtido com base no cálculo da Velocidade Integral Tempo (VTi) da VSVE, a partir do Doppler pulsado da VSVE (visualizada na janela apical 5 câmaras). A VTI é a soma das velocidades das hemácias ejetadas a cada ciclo cardíaco e que, por conseguinte, reflete a distância média que o sangue percorre a cada batimento cardíaco. Com esse dado, basta multiplicar a área da base pela altura do cilindro e assim obter o valor do VS

Por fim, para o cálculo do DC, basta multiplicar o valor de VS encontrado pelo valor da FC.

Imagem 8: dados obtidos pelo USG para estimar o DC. A medida da base do cilindro é feita através da janela paraesternal eixo longo, enquanto a altura do cilindro é obtida por meio do cálculo do VTI. Fonte: Costa Alves PR, Gottardo PC. Ultrassonografia à beira leito: o que todo médico deveria saber<sup>4</sup>.

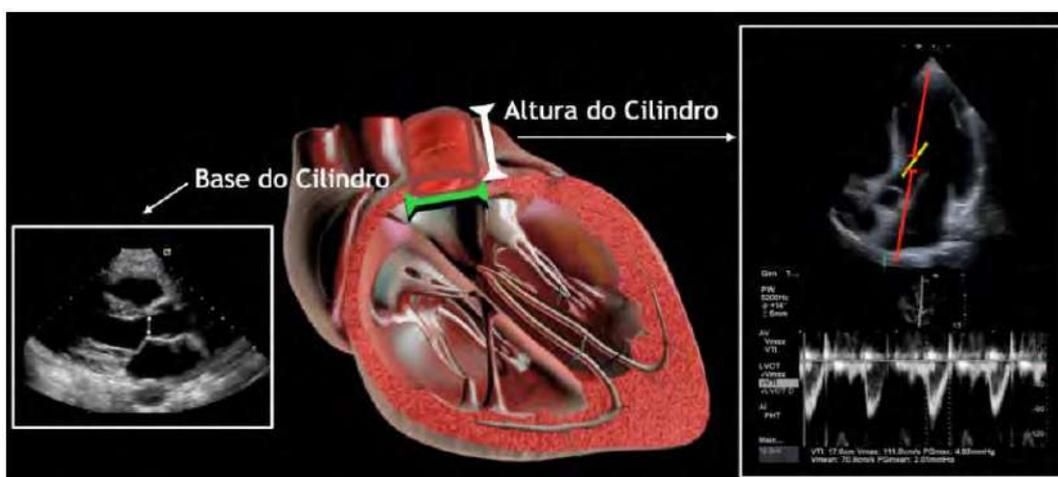
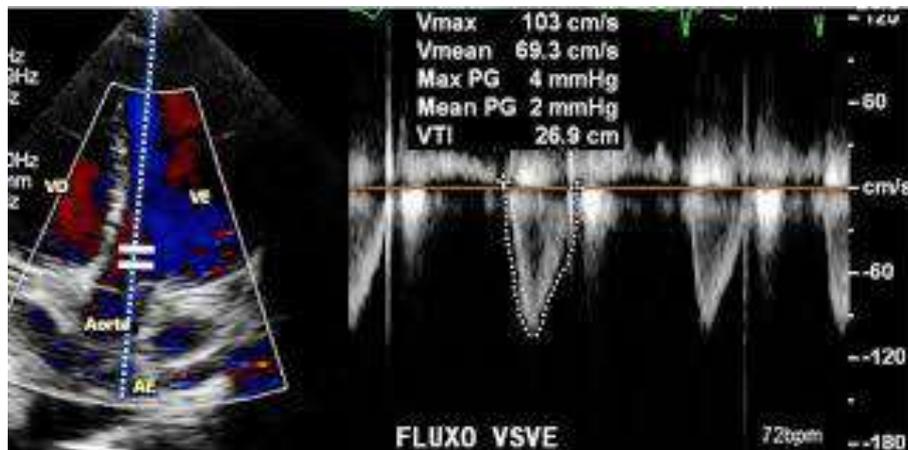


Imagem 8: aferição do VTI para cálculo do débito cardíaco [imagem da internet]. Fonte: Afya<sup>7</sup>.



Na imagem 8, nota-se que o doppler no modo pulsado foi posicionado sobre a via de saída do ventrículo esquerdo (obtida na janela apical 5 câmaras), possibilitando a obtenção da onda evidenciada à direita da imagem. O fluxo obtido abaixo da linha de base (traçado laranja da imagem) representa todo o fluxo sistólico que passa na região. Os aparelhos de ultrassonografia permitem que o operador calcule a área preenchida por esse fluxo (como demonstrado pelo pontilhado envolvendo a onda à direita da imagem), o que representa o valor do VTI utilizado no cálculo do débito cardíaco.

# Diagnóstico etiológico do choque circulatório

A avaliação do coração pode propiciar indicadores diretos da etiologia do choque circulatório.

A avaliação cardíaca pode fornecer indicadores diretos da causa do choque circulatório. A observação de uma veia cava inferior dilatada e pouco móvel sugere uma provável causa obstrutiva ou cardiogênica, reduzindo a probabilidade de choque hipovolêmico. Essa diferenciação é facilmente feita por meio da análise direta do coração<sup>4</sup>.

O **choque cardiogênico** pode ser visualizado de modo direto com a análise subjetiva ou objetiva do VE, observando-se hipocinesia e baixa fração de ejeção. O **choque hipovolêmico**, em contrapartida, tende a se apresentar com um padrão de hipercinesia de ventrículo direito, com redução do volume intravascular, que propicia o contato das paredes cardíacas durante a sístole (sinal “*Kissing-Walls*”), o qual pode ser melhor visualizado no modo-M. Esses achados, frequentemente, se relacionam com uma veia cava inferior (VCI) com diâmetro reduzido e com ampla variabilidade durante o ciclo ventilatório<sup>4</sup>.

Imagem 9: Avaliação cardíaca qualitativa em um paciente com choque cardiogênico. Fonte: autor e Pocus101<sup>6</sup>.



Em pacientes com choque obstrutivo temos três etiologias básicas: tamponamento cardíaco, pneumotórax hipertensivo e tromboembolismo pulmonar (TEP).

## Tamponamento cardíaco

O tamponamento cardíaco é identificado pela presença de um derrame pericárdico, acompanhado pelo colapso das câmaras cardíacas, começando pelo átrio direito, seguido pelo ventrículo direito e, em casos mais graves, pelo átrio esquerdo. Além disso, podem ser observadas mudanças nos fluxos das válvulas cardíacas de acordo com o ciclo respiratório do paciente.

Imagem 10: Janela subcostal com evidência de derrame pericárdico e colapso de átrio direito em um paciente com tamponamento cardíaco. Fonte: autor e Pocus101<sup>6</sup>.



## **Tromboembolismo pulmonar (TEP)**

Os pacientes com TEP, alguns achados típicos serão encontrados, como a dilatação de câmaras direitas, onde o VD passará a apresentar um diâmetro, no mínimo, superior a metade do VE, associado a alterações do fluxo valvar com o ciclo ventilatório e uma hipercinesia apical (sinal de Macconel).

Imagem 11: Janela apical 4 câmaras com evidência de aumento de câmaras direitas e deslocamento paradoxal do septo interventricular em um paciente com TEP.. Fonte: autor e Pocus101<sup>6</sup>.



# Referências

1. **Coletto LH.** Protocolo E-FAST - extended focused assessment with sonography in trauma. 1ª ed. Curitiba: [s.n.]; [data desconhecida].
2. **Marton Filho MA.** PoCUS – Medicina USP Bauru [Internet]. São Paulo: PUB USP; [data desconhecida] [acesso em: 30 set. 2024]. Disponível em: <https://pocus.fob.usp.br/principios-de-us/>
3. **Lobo SMA, Sidou RMNO, Falcão ALE, Oliveira Filho W, Urbano HCA, Maia MO, et al.** Curso de ecografia em terapia intensiva. 1ª ed. São Paulo: Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB); 2020.
4. **Costa Alves PR, Gottardo PC.** Ultrassonografia à beira leito: o que todo médico deveria saber. 1ª ed. João Pessoa: Editora UFPB; 2021.
5. **Cetrus.** Ecocardiografia transtorácica: aprenda a posicionar o transdutor [Internet]. [data desconhecida] [acesso em: 30 set. 2024]. Disponível em: <https://educa.cetrus.com.br/ecocardiografia-transtoracica-aprenda-a-posicionar-o-transdutor/>
6. **POCUS 101.** Cardiac ultrasound: echocardiography made easy - step by step guide [Internet]. [data desconhecida] [acesso em: 30 set. 2024]. Disponível em: <https://www.pocus101.com/cardiac-ultrasound-echocardiography-made-easy-step-by-step-guide/>
7. **Afya.** Como medir o débito cardíaco pelo POCUS. Afya Papers, 2022. [acesso em: 30 set. 2024]. Disponível em: <https://papers.afya.com.br/blog/como-medir-o-debito-cardiaco-usando-a-metodologia-pocus>