

TRAUMA, CIRURGIA E MEDICINA INTENSIVA

EDIÇÃO XII

Capítulo 51

MONITORIZAÇÃO AVANÇADA NA SEPSE: DA AVALIAÇÃO DA PERFUSÃO TECIDUAL À TOMADA DE DECISÃO CLÍNICA

MARIANA BIASI SANTIN¹
ISADORA OLIVEIRA ARAÚJO¹
ANA JHULIA DANTAS BEZERRA¹
GABRIEL PAIVA PASCHOAL DA SILVA¹
GABRIELA KOZAK ROSIN¹
ISADORA KNECHT COLLETT³
ISABELA BASEGGIO FORTUNATO³
RILLARY VICTÓRIA DIEMER¹
LETÍCIA VINCENSI¹
MARIA EDUARDA ANTUNES ARAGÃO¹
MARIA FERNANDA ALVES PEREIRA¹
JULIO CESAR STOBBE²

¹Discente - Medicina da Universidade Federal da Fronteira Sul, Passo Fundo, Brasil.

²Docente – Medicina da Universidade Federal da Fronteira Sul, Passo Fundo, Brasil.

³Discente - Medicina da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Brasil.

Palavras-chave: Sepsis; Choque Séptico; Monitorização Hemodinâmica.

DOI

10.59290/9910250608

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

A sepse constitui uma das principais causas de morbimortalidade em todo o mundo, representando importante desafio para os sistemas de saúde devido à sua elevada incidência, rápida progressão e elevado consumo de recursos assistenciais. Definida como uma disfunção orgânica potencialmente fatal decorrente de uma resposta desregulada do hospedeiro à infecção, a doença pode evoluir rapidamente para choque séptico, falência de múltiplos órgãos e óbito quando o reconhecimento e o tratamento são retardados (SINGER *et al.*, 2016). Apesar dos avanços na compreensão de sua fisiopatologia e da implementação de protocolos internacionais de manejo, a sepse permanece associada a altas taxas de mortalidade e a importantes sequelas físicas, cognitivas e funcionais entre os sobreviventes.

Nas últimas décadas, houve mudanças significativas na abordagem da sepse, impulsionadas pela atualização das diretrizes da *Surviving Sepsis Campaign* e pelo desenvolvimento de novas ferramentas de triagem, monitorização hemodinâmica e avaliação da perfusão tecidual. O reconhecimento precoce da disfunção orgânica, a administração oportuna de antibioticoterapia, a ressuscitação hemodinâmica individualizada e a utilização de métodos complementares, como o ultrassom à beira do leito (*point-of-care ultrasound* – POCUS) e a monitorização da microcirculação, têm ampliado a capacidade de diagnóstico e otimizado a condução terapêutica, especialmente nos serviços de emergência. Entretanto, persistem desafios relacionados à adesão às diretrizes, à disponibilidade de recursos e ao manejo das complicações de longo prazo, fatores que continuam impactando negativamente o prognóstico dos pacientes.

Diante desse cenário, torna-se fundamental

reunir e discutir as evidências mais recentes sobre os principais aspectos relacionados à sepse, contribuindo para o aprimoramento da prática clínica e para a tomada de decisão baseada em evidências.

Assim, este capítulo tem como objetivo analisar as evidências científicas atuais acerca do diagnóstico precoce, do manejo clínico e dos principais desafios relacionados ao atendimento de pacientes com sepse na emergência, abordando aspectos fisiopatológicos, estratégias de monitorização, avanços terapêuticos e perspectivas para melhoria dos desfechos clínicos.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, realizada com o objetivo de reunir e sintetizar as principais evidências científicas relacionadas à monitorização avançada da sepse, com enfoque na avaliação da perfusão tecidual, monitorização hemodinâmica, biomarcadores, ultrassonografia *point-of-care* (POCUS), microcirculação e sua aplicação na tomada de decisão clínica.

As buscas bibliográficas foram conduzidas nas bases de dados *PubMed*, *SciELO*, *Google Acadêmico* e *ScienceDirect*, reconhecidas pela relevância e abrangência de publicações na área da medicina intensiva e das ciências da saúde. Foram utilizados descritores em inglês relacionados ao tema, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, incluindo os termos: "*sepsis*", "*septic shock*", "*advanced hemodynamic monitoring*", "*tissue perfusion*", "*microcirculation*", "*point-of-care ultrasound*", "*POCUS*", "*fluid responsiveness*", "*hemodynamic monitoring*", "*lactate*", "*capillary refill time*", "*biomarkers*", "*resuscitation*" e "*Surviving Sepsis Campaign*". Os descritores foram utilizados de forma isolada ou combinada, visando ampliar a sensibilidade da busca e con-

templar os diferentes aspectos abordados no capítulo.

Foram incluídos artigos publicados entre 2010 e 2026, nos idiomas português e inglês, disponíveis na íntegra, priorizando diretrizes clínicas, revisões sistemáticas, meta-análises, estudos observacionais, ensaios clínicos e revisões narrativas de maior relevância científica. Também foram considerados documentos de consenso e diretrizes internacionais, por constituírem importantes referências para a prática clínica baseada em evidências.

Como critérios de exclusão, foram considerados artigos duplicados, publicações disponíveis apenas na forma de resumo, estudos publicados fora do período previamente estabelecido, trabalhos sem pertinência temática e publicações em idiomas diferentes do português e do inglês.

Após a seleção, os estudos elegíveis foram submetidos à leitura completa e análise crítica. As informações extraídas foram organizadas em eixos temáticos que estruturam a discussão do capítulo, contemplando os conceitos fundamentais da sepse e do choque séptico, a fisiopatologia da hipoperfusão tecidual, a avaliação clínica da perfusão, os biomarcadores e a monitorização laboratorial, a monitorização hemodinâmica básica e avançada, a aplicação da ultrassonografia point-of-care (POCUS), a monitorização da microcirculação, os protocolos e diretrizes atuais, bem como as perspectivas futuras relacionadas à medicina de precisão e às novas tecnologias aplicadas ao manejo da sepse.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conceitos fundamentais da sepse e do choque séptico

A sepse é definida como uma disfunção orgânica potencialmente fatal decorrente de uma resposta desregulada do hospedeiro à

infecção. Sua gravidade está relacionada não apenas ao agente infeccioso, mas principalmente às alterações inflamatórias, imunológicas, metabólicas, endoteliais e microcirculatórias desencadeadas. Na prática clínica, a disfunção orgânica é identificada pelo aumento de dois ou mais pontos no escore Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) em relação à condição basal do paciente (SINGER *et al.*, 2016).

A fisiopatologia da sepse envolve inflamação sistêmica, disfunção imunológica, ativação da coagulação e lesão endotelial. O comprometimento do endotélio e do glicocálix vascular aumenta a permeabilidade capilar, favorecendo edema, redução do volume circulante efetivo, alterações da microcirculação, vasodilatação, formação de microtrombos e prejuízo da utilização celular de oxigênio, culminando em hipóxia tecidual e falência de múltiplos órgãos (TANG *et al.*, 2024).

O choque séptico representa a forma mais grave da doença, caracterizando-se pela necessidade de vasopressores para manter pressão arterial média ≥ 65 mmHg e lactato sérico >2 mmol/L, apesar de adequada reposição volêmica, refletindo comprometimento circulatório, celular e metabólico com elevado risco de mortalidade (SHANKAR-HARI *et al.*, 2016).

A avaliação inicial deve investigar disfunções neurológica, respiratória, cardiovascular, renal, hepática e hematológica. Embora o qSOFA possa auxiliar na identificação de pacientes com maior risco de evolução desfavorável, especialmente fora da terapia intensiva, ele não deve ser utilizado isoladamente para confirmar ou excluir o diagnóstico de sepse. A suspeita clínica de infecção e a avaliação seriada da disfunção orgânica permanecem fundamentais para o reconhecimento precoce (EVANS *et al.*, 2021).

A monitorização do lactato e do tempo de

enchimento capilar auxilia na avaliação da perfusão tecidual e da resposta à ressuscitação, enquanto a reposição volêmica deve ser guiada por testes dinâmicos de responsividade, como elevação passiva das pernas e pequenos desafios de fluidos, reduzindo o risco de sobrecarga hídrica. A ecocardiografia à beira do leito pode complementar essa avaliação (EVANS *et al.*, 2021).

Assim, a sepse e o choque séptico são condições dinâmicas e tempo-dependentes, cujo manejo exige reconhecimento precoce, identificação da disfunção orgânica e monitorização contínua da perfusão tecidual para individualizar a reposição volêmica, o uso de vasopressores e as demais medidas de suporte hemodinâmico.

Fisiopatologia da disfunção circulatória e da hipoperfusão tecidual

Em 1951, Waisbren foi o primeiro a descrever as alterações cardiovasculares associadas à sepse. O autor identificou um estado hiperdinâmico caracterizado por pulsos amplos, rubor cutâneo, febre, oligúria e hipotensão. Também observou um segundo grupo de pacientes que apresentava pele fria e pálida, hipotensão e pulsos de baixa amplitude, além de quadro clínico mais grave. Atualmente, acredita-se que esses pacientes provavelmente apresentavam hipovolemia decorrente de ressuscitação volêmica inadequada. Estudos posteriores demonstraram que a reposição precoce e adequada de fluidos constitui uma das principais medidas de suporte no tratamento da sepse. (MERX; WEBER. 2007)

Segundo Forrester (2025), o choque séptico é um subconjunto da sepse com aumento significativo da mortalidade devido a anomalias graves de circulação e metabolismo celular, o seu mecanismo ainda não é totalmente compreendido.

De acordo com ele mesmo: o choque sép-

tico envolve uma resposta inflamatória sistêmica desencadeada por agentes infecciosos, que estimulam a liberação de citocinas pró-inflamatórias, como o fator de necrose tumoral (TNF) e a interleucina-1 (IL-1). Esses mediadores promovem ativação do endotélio, adesão de neutrófilos, ativação da cascata de coagulação e formação de microtrombos, além da liberação de outras substâncias inflamatórias. Paralelamente, citocinas anti-inflamatórias, como IL-4 e IL-10, atuam na tentativa de limitar essa resposta. Inicialmente, ocorre vasodilatação periférica com redução da resistência vascular sistêmica e aumento compensatório do débito cardíaco, caracterizando o chamado "choque quente".

Ademais, com a progressão da doença, o débito cardíaco tende a diminuir, levando à hipotensão e à hipoperfusão tecidual. Além disso, alterações na microcirculação promovem desvio do fluxo sanguíneo dos capilares e obstrução por microtrombos, comprometendo a oferta de oxigênio e a remoção de metabólitos. Como consequência, desenvolvem-se disfunção e falência de múltiplos órgãos, como rins, pulmões, fígado, cérebro e coração. A ativação desregulada da coagulação também pode resultar em coagulopatia, frequentemente associada à coagulação intravascular disseminada e ao consumo de fatores de coagulação.

Avaliação clínica da perfusão tecidual

A sepse é definida como uma disfunção orgânica potencialmente fatal causada por uma resposta desregulada do organismo diante de uma infecção. Essa definição evidencia que sua gravidade depende não apenas da presença do agente infeccioso, mas principalmente da resposta inadequada do hospedeiro, capaz de desencadear alterações inflamatórias, imunológicas, metabólicas, endoteliais e microcirculatórias. Na prática clínica, a disfunção orgânica é

identificada pelo aumento de dois ou mais pontos no escore *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA) em relação à condição basal do paciente (SINGER *et al.*, 2016).

A fisiopatologia da sepse envolve uma interação complexa entre inflamação sistêmica, desregulação da resposta imunológica, ativação da coagulação e lesão endotelial. O comprometimento do endotélio e do glicocálix vascular aumenta a permeabilidade capilar, favorecendo edema intersticial, redução do volume circulante efetivo e alterações da microcirculação. Associadas à vasodilatação, à formação de microtrombos e à disfunção da utilização celular de oxigênio, essas alterações culminam em hipóxia tecidual e falência de múltiplos órgãos (TANG *et al.*, 2024).

O choque séptico representa a forma mais grave da sepse e caracteriza-se pela necessidade de vasopressores para manter pressão arterial média ≥ 65 mmHg, associada a lactato sérico > 2 mmol/L, apesar da adequada reposição volêmica, refletindo importante comprometimento circulatório, celular e metabólico (SHANKARHARI *et al.*, 2016).

A avaliação inicial deve contemplar sinais de disfunção neurológica, respiratória, cardiovascular, renal, hepática e hematológica. O qSOFA pode auxiliar na identificação de pacientes com maior risco de evolução desfavorável, especialmente fora das unidades de terapia intensiva, porém não deve ser utilizado isoladamente para confirmar ou excluir o diagnóstico. A suspeita clínica de infecção, associada à avaliação seriada da disfunção orgânica, permanece essencial para o reconhecimento precoce da sepse (EVANS *et al.*, 2021).

Além disso, a monitorização do lactato sérico e do tempo de enchimento capilar auxilia na avaliação da perfusão tecidual e da resposta à ressuscitação. A administração de fluidos deve ser guiada por avaliações dinâmicas de

responsividade volêmica, reduzindo o risco de sobrecarga hídrica, enquanto a ecocardiografia à beira do leito pode complementar a avaliação hemodinâmica quando disponível (EVANS *et al.*, 2021).

Assim, a sepse e o choque séptico devem ser compreendidos como condições dinâmicas e tempo-dependentes. O manejo adequado exige reconhecimento precoce da infecção, identificação da disfunção orgânica e monitorização contínua da perfusão tecidual, permitindo individualizar a reposição volêmica, o uso de vasopressores e as demais medidas de suporte hemodinâmico.

Biomarcadores e monitorização laboratorial

Biomarcadores são, segundo a AMIB (Associação Brasileira de Medicina Intensiva), substâncias mensuráveis utilizadas como indicadores de processos patogênicos ou de respostas a intervenções terapêuticas.

Na sepse, os principais biomarcadores são: Lactato sérico: é o subproduto do metabolismo anaeróbico que se eleva quando a oferta de oxigênio aos tecidos é insuficiente (hipóxia celular) ou devido à disfunção metabólica induzida pela própria cascata inflamatória; PCT (procalcitonina): níveis séricos aumentam de forma robusta e sistêmica em resposta a infecções bacterianas graves; PCR (proteína C-reativa): proteína de fase aguda sintetizada pelo fígado em resposta ao insulto inflamatório; Contagem de leucócitos: a variação leucocitária (leucocitose ou leucopenia) e o desvio à esquerda sugerem infecção ativa. Contudo, de forma isolada, possui baixa especificidade, visto que mais de 50% dos pacientes com diagnóstico firmado de sepse podem apresentar contagem global de leucócitos inicialmente normal. Pensando então nas concentrações dos biomarcadores necessários para monitorização conforme **Tabela 51.1**.

Tabela 51.1 Tabela das concentrações dos principais biomarcadores necessários para monitorização

Biomarcadores	Níveis séricos	Clearance
Lactato sérico	Concentrações superiores a 2,0 mmol/L indicam hipoperfusão orgânica grave.	A dosagem seriada deve ser realizada a cada 2 a 4 horas nas fases iniciais.
PCT	Níveis acima do fisiológico (0,1 a 0,5 ng/mL) indicam infecção bacteriana grave.	Concentrações persistentemente elevadas ou a ausência de queda nas primeiras 24 a 48 horas associam-se a pior prognóstico. Além disso, curvas descendentes nos exames seriados de PCT servem como guia laboratorial seguro para a descontinuação da terapia antibiótica.
PCR	Apresenta elevada sensibilidade para rastreio e triagem inicial de processos infecciosos nas primeiras 24 horas.	Possui baixa especificidade, elevando-se substancialmente em diversas condições não infecciosas (como grandes traumas ou cirurgias), sendo menos utilizado.

Já em relação a monitorização das funções vitais visa avaliar a disfunção multiorgânica do paciente em sepse (SECRETARIA DE SAÚDE DO DISTRITO FEDERAL, 2026). Para a função pulmonar, usa-se a gasometria arterial, em que uma relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ em queda traduz disfunção respiratória aguda. Na avaliação renal, faz-se uso da creatinina sérica e uréia, para rastreio de lesão renal aguda (LRA). Para função hepática, usa-se bilirrubinas (totais e frações) e transaminases (TGO e TGP), a fim de identificar disfunções de depuração hepática e colestase induzidas pelo quadro séptico. Para a função coagulativa e hematológica, usa-se o hemograma completo (com atenção às plaquetas) e coagulograma (TAP, TTPA e INR), a fim de detectar plaquetopenia e distúrbios da cascata de coagulação, que podem evoluir para coagulação intravascular disseminada (CIVD).

Por fim, é necessário a realização da coleta de culturas biológicas: no mínimo, dois pares de hemoculturas (de sítios periféricos distintos) e culturas específicas do foco sob suspeita (urocultura, cultura de escarro, etc.). A coleta deve ocorrer idealmente antes da administração do primeiro antimicrobiano, contanto que isso não atrase o início da medicação, que deve ser administrada na primeira hora do reconhecimento do quadro.

Monitorização Hemodinâmica básica e avançada

Na sepse, a disfunção circulatória resulta da combinação de vasoplegia, hipovolemia, disfunção miocárdica e alterações da microcirculação, levando à hipoperfusão tecidual. Nesse contexto, a monitorização hemodinâmica tem como objetivos reconhecer precocemente a hipoperfusão, identificar o mecanismo predominante do choque e orientar a resposta às intervenções. As diretrizes atuais abandonaram as metas fixas da terapia precoce guiada por metas (EGDT).

A monitorização básica reúne os parâmetros disponíveis à beira do leito e constitui a base da avaliação inicial do paciente séptico, contemplando cinco frentes: exame clínico e perfusão periférica, pressão arterial, eletrocardiografia e frequência cardíaca, lactato sérico e parâmetros do cateter venoso central, quando presente, como apresenta a **Tabela 51.2**.

O exame clínico, associado ao tempo de enchimento capilar, moteamento cutâneo e temperatura da pele, representa a primeira etapa da avaliação da perfusão, apresentando importante valor prognóstico. A pressão arterial média permanece como principal meta de perfusão, geralmente ≥ 65 mmHg, sendo a monitorização invasiva indicada em pacientes com choque refratário ou em uso de vasopressores.

A monitorização eletrocardiográfica contínua permite identificar arritmias e isquemia, enquanto o lactato deve ser acompanhado de forma seriada, priorizando sua tendência de redução. Nos pacientes com cateter venoso central,

a saturação venosa central de oxigênio, o gap venoarterial de CO₂ e a pressão venosa central podem complementar a avaliação, sendo esta última utilizada principalmente como marcador de congestão e não como alvo terapêutico.

Tabela 51.2 Tabela das 5 frentes da monitorização hemodinâmica básica na sepse. PAM: pressão arterial média; TEC: tempo de enchimento capilar; FC: frequência cardíaca

Frente	O que é avaliado	Ponto-chave
1. Exame clínico e perfusão periférica	Nível de consciência, débito urinário horário, aspecto da pele; tempo de enchimento capilar (TEC), moteamento e temperatura cutânea	TEC e moteamento têm valor prognóstico; TEC deve ser aferido por técnica padronizada
2. Pressão arterial	Pressão Arterial Média (PAM) como alvo de perfusão (≥ 65 mmHg, individualizado).	Via invasiva no choque refratário ou sob vasopressor
3. Eletrocardiograma (ECG) e frequência cardíaca (FC)	Monitorização eletrocardiográfica contínua; FC	Detectar arritmias, isquemias e distúrbios eletrolíticos
4. Lactato	Lactato sérico com medições seriadas	Guiar pela tendência de queda (clearance), não pela normalização
5. Cateter venoso central (se presente)	Saturação venosa central de oxigênio, gap venoarterial de gás carbônico e pressão venosa central (PVC)	PVC como marcador de congestão/risco

Nos pacientes com choque persistente, a administração de fluidos deve ser precedida pela avaliação da responsividade volêmica. As diretrizes recomendam a utilização de testes dinâmicos, como elevação passiva das pernas, variação da pressão de pulso, variação do volume sistólico, teste de oclusão expiratória e pequenos desafios de fluidos, em substituição aos marcadores estáticos de pré-carga.

A monitorização avançada é reservada aos pacientes que não respondem à terapia inicial, apresentam mecanismo de choque indefinido ou necessitam de doses crescentes de vasopressores. Nesses casos, a avaliação do débito cardíaco e da função ventricular permite individualizar a administração de fluidos, vasopressores e inotrópicos.

A ecocardiografia à beira do leito constitui o método de primeira escolha por possibilitar a identificação do tipo de choque, avaliação da função cardíaca e do estado volêmico. Em situações mais complexas, a termodiluição

transpulmonar fornece informações adicionais sobre pré-carga, edema pulmonar e permeabilidade vascular, enquanto o cateter de artéria pulmonar permanece restrito a indicações específicas, como choque com disfunção ventricular direita ou hipertensão pulmonar.

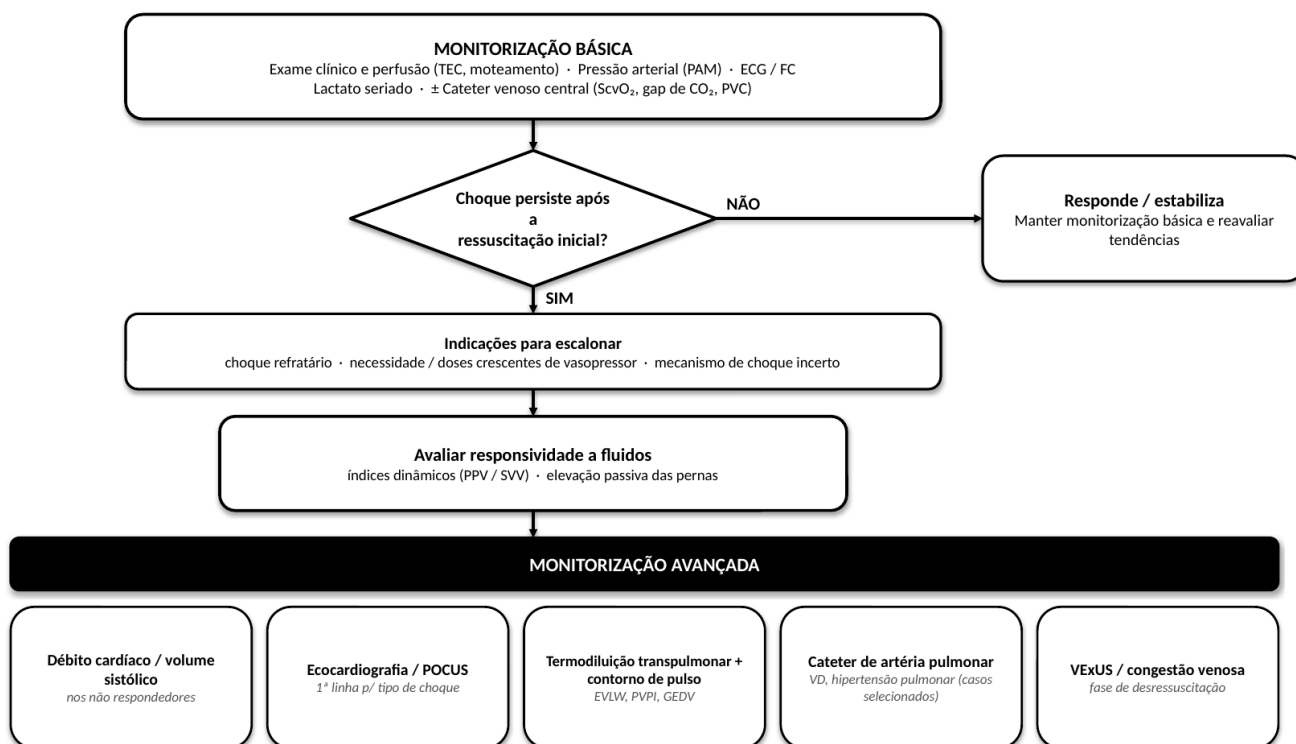
Além disso, a avaliação da congestão venosa por ultrassonografia, por meio de escores como o VExUS, e da microcirculação complementa a monitorização em casos selecionados.

Embora a videomicroscopia sublingual permaneça restrita principalmente à pesquisa, marcadores indiretos, como o tempo de enchimento capilar e o gap venoarterial de CO₂, representam alternativas acessíveis para avaliação da perfusão microvascular.

Assim, a monitorização hemodinâmica na sepse deve seguir uma abordagem escalonada, iniciando pela avaliação clínica e progredindo para métodos mais complexos apenas quando necessário, permitindo uma ressuscitação mais segura, individualizada e baseada na resposta

fisiológica do paciente, como é representado no **Figura 51.1.**

Figura 51.1 Escalonamento da monitorização na sepse. PPV: variação de pressão de pulso; SVV: variação do volume sistólico; EVLW: água extravascular pulmonar; PVPI: índice de permeabilidade vascular pulmonar; GEDV: volume diastólico final global; VD: ventrículo direito; VExUS: ultrassonografia de excesso venoso



Ultrassonografia *Point-of-Care* (POCUS) na sepse

O *point-of-care ultrasound* (POCUS) consolidou-se como uma importante ferramenta complementar na avaliação e no manejo da sepse e do choque séptico, especialmente nos serviços de emergência e nas unidades de terapia intensiva. Sua principal vantagem é fornecer informações diagnósticas e hemodinâmicas em tempo real, permitindo uma ressuscitação guiada por metas dinâmicas, mais individualizada e passível de reavaliação serializada à beira do leito. Dessa forma, favorece uma expansão volêmica mais personalizada, reduzindo o risco de sobrecarga hídrica e podendo diminuir o tempo de internação em terapia intensiva (DUNAY SILVA *et al.*, 2026).

No contexto da ressuscitação hemodinâmi-

ca, a ecocardiografia focada, associada à avaliação da veia cava inferior, do pulmão e da congestão venosa sistêmica, auxilia na estimativa da responsividade aos fluidos e da tolerância à expansão volêmica. Estudos demonstram melhora de parâmetros como pressão arterial média, depuração do lactato, balanço hídrico e incidência de lesão renal aguda, embora o impacto sobre a mortalidade permaneça inconsistente. Assim, o POCUS deve ser utilizado como complemento ao exame clínico e à monitorização convencional, e não como seu substituto (DUNAY SILVA *et al.*, 2026; POLYZO-GOPOULOU *et al.*, 2023).

Além da avaliação hemodinâmica, o POCUS permite identificar rapidamente focos infecciosos, como pneumonia, derrame pleural, colecistite, pielonefrite obstrutiva, abscessos

intra-abdominais e infecções de partes moles, além de auxiliar no diagnóstico diferencial de outros tipos de choque. Embora ainda sejam necessários protocolos padronizados e estudos multicêntricos, as evidências atuais sustentam sua incorporação ao exame clínico por favorecer uma abordagem mais abrangente, precoce e direcionada do paciente séptico (VERRAS *et al.*, 2023; POLYZOGOPOULOU *et al.*, 2023; DALLA BETTA *et al.*, 2023).

Tomada de decisão clínica guiada pela monitorização

O *point-of-care ultrasound* (POCUS) consolidou-se como uma ferramenta complementar na avaliação e no manejo da sepse e do choque séptico, fornecendo informações diagnósticas e hemodinâmicas em tempo real. Sua utilização permite uma ressuscitação guiada por metas dinâmicas, favorecendo uma expansão volêmica individualizada, reduzindo o risco de sobrecarga hídrica e possibilitando reavaliações seriadas à beira do leito (DUNAY SILVA *et al.*, 2026; VERRAS *et al.*, 2023).

Na ressuscitação hemodinâmica, a ecocardiografia focada, associada à avaliação da veia cava inferior, do pulmão e da congestão venosa, auxilia na estimativa da responsividade aos fluidos e da tolerância à expansão volêmica. Estudos demonstram melhora de parâmetros hemodinâmicos e redução do balanço hídrico positivo e da incidência de lesão renal aguda, embora os benefícios sobre a mortalidade permaneçam inconclusivos. Assim, o POCUS deve complementar, e não substituir, a avaliação clínica e a monitorização convencional (DUNAY SILVA *et al.*, 2026; POLYZOGOPOULOU *et al.*, 2023).

Além da avaliação hemodinâmica, o POCUS contribui para a identificação rápida de focos infecciosos e de diagnósticos diferenciais, como choque cardiogênico e obstrutivo, tornando a abordagem do paciente séptico mais

precoce, abrangente e direcionada (VERRAS *et al.*, 2023; DALLA BETTA *et al.*, 2023).

Protocolos, diretrizes e desafios atuais

Diante da elevada gravidade da sepse, seu manejo exige a aplicação de protocolos clínicos integrados e baseados em evidências. As diretrizes da *Surviving Sepsis Campaign 2026* priorizam o reconhecimento precoce, a estabilização hemodinâmica e o suporte ventilatório. Entre as principais recomendações, destacam-se a individualização da pressão arterial média (PAM) entre 60 e 65 mmHg para pacientes com 65 anos ou mais em choque séptico, o uso da cânula nasal de alto fluxo como suporte inicial na insuficiência respiratória hipoxêmica e a administração de corticosteroides apenas em pacientes com choque séptico dependentes de vasopressores. Além disso, as diretrizes ampliam o cuidado para o período pós-alta, recomendando reabilitação física, suporte em saúde mental e acompanhamento multiprofissional (MACHADO, 2022; TORRES *et al.*, 2025).

No tratamento inicial, recomenda-se a utilização preferencial de cristaloides balanceados, antibioticoterapia de amplo espectro na primeira hora após o reconhecimento da sepse — precedida pela coleta de culturas quando isso não atrasar o tratamento —, além de medidas de suporte, como controle glicêmico, profilaxia para tromboembolismo venoso e proteção gástrica em pacientes com risco de sangramento (MACHADO, 2022; TORRES *et al.*, 2025).

Apesar dos avanços, a implementação dessas recomendações ainda enfrenta desafios importantes, como a baixa adesão aos protocolos, limitações estruturais em serviços com poucos recursos e insuficiência de programas de acompanhamento após a alta. Esses fatores contribuem para maior morbimortalidade, aumento das reinternações e prejuízo da recuperação funcional dos sobreviventes (MACHADO,

2022; TORRES *et al.*, 2025).

Monitorização da microcirculação e novas tecnologias

A microcirculação desempenha papel fundamental na manutenção do metabolismo tecidual, sendo responsável pelo fornecimento de oxigênio e nutrientes às células e pela remoção de metabólitos. Na sepse, a melhora da perfusão macrocirculatória nem sempre se acompanha da recuperação da microcirculação, devido à heterogeneidade da perfusão característica da doença (DAMIANI *et al.*, 2023).

Essa heterogeneidade resulta da distribuição desigual do fluxo sanguíneo entre os capilares, decorrente de microtromboses, disfunção endotelial e redução da deformabilidade dos eritrócitos, comprometendo a convecção e a difusão de oxigênio nos tecidos (AKSU; YAVUZ-AKSU; GOSWAMI, 2024). Além disso, a dificuldade de extração de oxigênio pode elevar a saturação venosa central (ScvO₂), mesmo na presença de hipoperfusão tecidual.

As alterações microcirculatórias constituem importantes preditores de mortalidade, tornando sua avaliação um complemento da monitorização macrocirculatória. Na prática clínica, a coloração da pele, o tempo de enchimento capilar e o lactato sérico são utilizados como marcadores indiretos da perfusão, embora este último deva ser interpretado em conjunto com outros parâmetros devido à influência de diversos fatores metabólicos e hemodinâmicos (AKSU; YAVUZ-AKSU; GOSWAMI, 2024).

Diversas tecnologias têm sido empregadas para avaliação da microcirculação, incluindo a espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS), a mensuração do diâmetro dos vasos da retina (RVD), a imagem por contraste de speckle a laser (LSCI) e a imagem fotoacústica (PAI). Embora permitam estimar a perfusão e a oxigenação tecidual de forma não invasiva, apresentam limitações relacionadas à resolução

espacial, disponibilidade, custo ou incapacidade de avaliar diretamente a difusão de oxigênio (AKSU; YAVUZ-AKSU; GOSWAMI, 2024).

Entre os métodos disponíveis, a microscopia sublingual consolidou-se como a principal ferramenta para avaliação direta da microcirculação à beira do leito. Após a evolução das tecnologias OPS, SDF e, mais recentemente, IDF, tornou-se possível visualizar diretamente os microvasos por meio da absorção da luz pela hemoglobina, permitindo avaliar a densidade vascular, o fluxo sanguíneo e a velocidade dos eritrócitos. Os principais parâmetros obtidos incluem o Índice de Fluxo Microvascular (MFI), a Densidade Vascular Total (TVD), a Densidade de Vasos Perfundidos (PVD), a Proporção de Vasos Perfundidos (PPV) e o Índice de Heterogeneidade do Fluxo (FHI), que refletem a qualidade da perfusão microvascular (AKSU; YAVUZ-AKSU; GOSWAMI, 2024).

Avanços recentes, como a utilização de luz azul e dispositivos portáteis, ampliaram a qualidade das imagens e a aplicabilidade clínica da microscopia sublingual (DAMIANI *et al.*, 2023). Entretanto, alterações observadas na microcirculação sublingual não refletem necessariamente o estado de todos os leitos vasculares, assim como sua normalização não garante a restauração completa da perfusão sistêmica (DAMIANI *et al.*, 2023).

Dessa forma, a monitorização da microcirculação deve ser compreendida como um complemento da avaliação macrocirculatória, permitindo uma análise mais abrangente da perfusão tecidual e contribuindo para decisões terapêuticas mais individualizadas na sepse.

Prognóstico e perspectivas futuras

Apesar dos avanços no reconhecimento precoce e na implementação de protocolos de tratamento, a sepse permanece uma das principais causas de mortalidade em pacientes

críticos. Estima-se que a mortalidade hospitalar varie entre 30% e 50%, especialmente entre pacientes com choque séptico ou disfunção de múltiplos órgãos. Além da gravidade inicial da infecção, fatores como idade avançada, comorbidades, atraso na antibioticoterapia, persistência da hipoperfusão tecidual e falha na recuperação da microcirculação estão intimamente relacionados a piores desfechos clínicos (HOTCHKISS *et al.*, 2016; SHANKAR-HARI *et al.*, 2020; HAJJAR *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a monitorização avançada da perfusão tecidual apresenta importante valor prognóstico. Evidências demonstram que alterações persistentes da microcirculação podem ocorrer mesmo após a normalização dos parâmetros macrocirculatórios, fenômeno conhecido como perda da coerência hemodinâmica. Essa dissociação explica, em parte, a evolução desfavorável observada em alguns pacientes aparentemente ressuscitados segundo os parâmetros convencionais, reforçando que a restauração da pressão arterial e do débito cardíaco nem sempre corresponde à recuperação adequada da oxigenação tecidual. Dessa forma, métodos de avaliação da perfusão periférica e da microcirculação vêm sendo cada vez mais reconhecidos como ferramentas capazes de complementar a estratificação prognóstica e orientar intervenções terapêuticas mais individualizadas (DAMIANI *et al.*, 2023; AKSU; YAVUZ-AKSU; GOSWAMI, 2024).

As perspectivas futuras apontam para uma mudança de paradigma no manejo da sepse, baseada nos princípios da medicina de precisão. A identificação de subfenótipos clínicos e biológicos demonstra que pacientes classificados sob o mesmo diagnóstico podem apresentar respostas inflamatórias, perfis imunológicos e prognósticos distintos, possibilitando estratégias terapêuticas direcionadas. Paralelamente, o desenvolvimento de biomarcadores de rápida

obtenção, aliado à monitorização da microcirculação e à aplicação de algoritmos de inteligência artificial para análise de dados clínicos em tempo real, poderá ampliar a capacidade de predição de risco, otimizar a tomada de decisão e individualizar a ressuscitação hemodinâmica. Embora essas tecnologias ainda necessitem de validação para ampla incorporação na prática clínica, representam uma das principais perspectivas para reduzir a mortalidade e a morbidade associadas à sepse (DAMIANI *et al.*, 2023; AKSU; YAVUZ-AKSU; GOSWAMI, 2024).

CONCLUSÃO

A condução hemodinâmica da sepse e do choque séptico experimentou uma virada conceitual drástica nos últimos anos. Deixou-se de lado o foco rígido em metas macrocirculatórias estáticas para adotar uma perspectiva dinâmica, focada na fisiologia individualizada de cada paciente. Hoje, sabemos que a macrocirculação isolada não basta para traduzir a perfusão real dos tecidos. Por isso, a avaliação criteriosa da responsividade a fluidos ganhou merecido espaço, limitando a antiga prática de volume liberal e poupando o doente de complicações graves como edema tecidual, piora ventilatória e falência renal. Essa mudança de paradigma permitiu que métodos simples de beira de leito recuperassem seu valor histórico. O Tempo de Enchimento Capilar (TEC) e o escore de mosqueamento (*mottling score*) deixaram de ser meros achados de exame físico para se tornarem alvos terapêuticos de forte impacto prognóstico, consolidados por grandes ensaios clínicos recentes.

Nesse sentido, a ultrassonografia à beira do leito (POCUS) mudou a forma como encaramos o manejo volêmico. Ao aliar esse recurso ao protocolo VExUS para avaliar a congestão venosa sistêmica, o intensivista ganha uma

visão dupla: sabe se o coração precisa de volume e, ao mesmo tempo, se os órgãos têm tolerância para recebê-lo. Trata-se da consolidação de uma abordagem genuinamente multimodal. Ela combina exames físicos, ultrassom, dosagens de lactato e biomarcadores clássicos (como proteína C-reativa e procalcitonina) em um único plano de cuidado. Mas a prática na terapia intensiva ainda impõe barreiras complexas. A maior delas talvez seja a perda da coerência hemodinâmica — aquele cenário frustrante em que as pressões e o débito cardíaco voltam à normalidade, mas a microcirculação e as células continuam privadas de oxigênio, perpetuando a disfunção orgânica.

Mesmo diante de toda essa evolução científica, a sepse continua figurando como um dos maiores gargalos da saúde global, com índices de mortalidade alarmantes. Protocolos bem desenhados e diretrizes estruturadas são indispensáveis, mas eles não operam milagres sozinhos. A doença é heterogênea demais, e a realidade da infraestrutura hospitalar e do acesso a leitos de UTI varia brutalmente de uma região para outra. Além disso, a batalha do paciente não termina na alta. A Síndrome Pós-Sepse hoje é uma realidade epidemiológica inegável, impondo sequelas físicas, cognitivas e psíquicas crônicas que demandam atenção contínua e planos ambiciosos de reabilitação multidisciplinar.

O horizonte da terapia intensiva caminha a passos largos rumo à medicina de precisão. No choque séptico, mapear subfenótipos clínicos e biológicos com o apoio de inteligência artificial e aprendizado de máquina promete otimizar o diagnóstico e antecipar tratamentos individualizados. No campo instrumental, tecnologias que olham direto para os capilares — como os métodos ópticos por campo escuro (*sidestream dark-field imaging*) — devem finalmente reduzir o abismo existente entre o macro e o micro-circulatório. Claro que a incorporação dessas ferramentas na rotina das UTIs ainda esbarra em desafios de custo, padronização de imagens e escalabilidade técnica.

Fica evidente, portanto, que a monitorização avançada na sepse transcende o papel de mero registro de dados; ela é a engrenagem principal da decisão médica diária. Integrar a clínica soberana com dados de perfusão, ultrassom e biomarcadores é o único caminho seguro para guiar terapias precoces e menos agressivas. A tendência é que essa monitorização deixe de ser meramente descritiva para se tornar preditiva, antecipando disfunções e apontando caminhos em tempo real. No fim, a tecnologia e a clínica se encontram exatamente nesse ponto: a monitorização avançada é o elo indispensável que conecta a leitura precisa da perfusão celular à tomada de decisão racional no choque séptico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKSU, U.; YAVUZ-AKSU, B.; GOSWAMI, N. Microcirculation: current perspective in diagnostics, imaging, and clinical applications. *Journal of Clinical Medicine*, v. 13, n. 22, p. 6762, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm13226762>.

DALLA BETTA, M. B. *et al.* The frequency of POCUS in the treatment of sepsis in the emergency department: a retrospective cohort study. *POCUS Journal*, v. 8, n. 1, p. 71–80, 2023. DOI: <https://doi.org/10.24908/pocus.v8i1.171>.

DAMIANI, E. *et al.* Microcirculation-guided resuscitation in sepsis: the next frontier? *Frontiers in Medicine*, v. 10, p. 1–10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1123456>.

DISTRITO FEDERAL (Secretaria de Estado de Saúde). Protocolo do atendimento da sepse nas primeiras 6 horas. Portaria SES-DF nº 79, de 02 de fevereiro de 2026. Brasília: SES/SEAS/SAIS/DSINT/GESINT, 2026. Disponível em: <<https://www.saude.df.gov.br/documents/d/saude/protocolo-do-atendimento-da-sepse-nas-primeiras-6-horas-pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2026.

DUNAY SILVA, A. A. A. *et al.* Impact of point-of-care ultrasound-guided resuscitation protocols in the treatment of septic shock: a systematic review of hemodynamic outcomes and mortality. *Cureus*, v. 18, n. 1, p. e100850, 2026. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.100850>.

EVANS, L.; RHODES, A.; ALHAZZANI, W. *et al.* Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Critical Care Medicine*, v. 49, n. 11, p. e1063–e1143, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000005337>.

FORRESTER, J. D. Sepse e choque séptico. In: *Manuais MSD – Edição para Profissionais*. Rahway: Merck & Co., 2025.

HOTCHKISS, R. S.; MONNERET, G.; PAYEN, D. Immunosuppression in sepsis: a novel understanding of the disorder and a new therapeutic approach. *The Lancet Infectious Diseases*, v. 13, n. 3, p. 260–268, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70090-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70090-5).

INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE SEPSE (ILAS). International Sepsis Forum 2025. São Paulo: ILAS, 2025. Disponível em: <<https://ilas.org.br/international-sepsis-forum-2025/>>. Acesso em: 14 jul. 2026.

MACHADO, F. R. Campanha de Sobrevivência à Sepse: atualização das diretrizes internacionais para o manejo da sepse e choque séptico. São Paulo: Eurofarma/Instituto Latino-Americano de Sepse (ILAS), 2022. E-book.

MERX, M. W.; WEBER, C. Sepsis and the heart. *Circulation*, v. 116, n. 7, p. 793–802, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.678327>.

POLYZOGOPOULOU, E. *et al.* Point-of-care ultrasound: a multimodal tool for the management of sepsis in the emergency department. *Medicina*, v. 59, n. 6, p. 1180, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina59061180>.

SHANKAR-HARI, M. *et al.* Developing a new definition and assessing new clinical criteria for septic shock. *JAMA*, v. 315, n. 8, p. 775–787, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0289>.

SINGER, M.; DEUTSCHMAN, C. S.; SEYMOUR, C. W. *et al.* The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*, v. 315, n. 8, p. 801–810, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>.

TANG, F. *et al.* Pathophysiology and therapeutic targets for sepsis-induced multiple organ dysfunction syndrome, with a focus on endothelial dysfunction. *Intensive Care Medicine*, v. 47, n. 11, p. 1181–1247, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07000-7>.

TORRES, J. S. S. *et al.* Sepsis and post-sepsis syndrome: a multisystem challenge requiring comprehensive care and management — a review. *Frontiers in Medicine*, v. 12, p. 1560737, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1560737>.

VERRAS, C. *et al.* Point of care ultrasonography for the septic patient in the emergency department: a literature review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, n. 3, p. 1105, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12031105>.