

ARTIGO ORIGINAL

Ultrassonografia pulmonar na predição de falha na extubação no pós-operatório de cirurgia cardíaca: Estudo piloto

Lung ultrasound in predicting extubation failure in the postoperative period of cardiac surgery: A pilot study

Thais Bento Rudge Ramos¹, Ligia Santos Roceto Ratti¹, Maria Fernanda Toledo de Carvalho¹, Lilian Delazari¹, Luiz Claudio Martins¹

¹*Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil*

Recebido em: 8 de Abril de 2026; Aceito em: 18 de Maio de 2026.

Correspondência: Thais Bento Rudge Ramos, thaisbento@gmail.com

Como citar

Ramos TBR, Ratti LSR, Carvalho MFT, Delazari L, Martins LC. Ultrassonografia pulmonar na predição de falha na extubação no pós-operatório de cirurgia cardíaca: Estudo piloto. Fisioter Bras. 2026;27(4):3696-3702. doi: [10.62827/fb.v27i4.1177](https://doi.org/10.62827/fb.v27i4.1177).

Resumo

Introdução: A falha na extubação no pós-operatório de cirurgia cardíaca está associada ao aumento da morbimortalidade e do tempo de internação. Considerando alternativas para avaliação, a ultrassonografia pulmonar tem sido proposta como ferramenta para a análise da aeração pulmonar e para a predição de desfechos respiratórios. **Objetivo:** Diante disso, avaliou-se a eficácia da ultrassonografia pulmonar na predição de falha na extubação após cirurgia cardíaca, com base no escore de aeração pulmonar. **Métodos:** Para tanto, foi realizado um estudo piloto, prospectivo, observacional e descritivo, envolvendo 12 pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea, sob ventilação mecânica. Foram avaliadas oito regiões pulmonares, com pontuação de 0 a 3 por região. Como desfecho, avaliou-se o sucesso ou a falha da extubação no período de 48 horas. **Resultados:** Observou-se que a extubação foi bem-sucedida em 75% (9) dos pacientes e falhou em 25% (3). Os pacientes com sucesso apresentaram escore menor ($16,0 \pm 4,031$), enquanto os com falha apresentaram escore maior ($22,7 \pm 0,577$). **Conclusão:** Assim, a ultrassonografia pulmonar demonstrou potencial como ferramenta preditiva de falha na extubação no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Palavras-chave: Extubação; Ventilação Mecânica; Desmame do Respirador; Unidade de Terapia Intensiva; Resultado do Tratamento.

Abstract

Introduction: Extubation failure after cardiac surgery is associated with increased morbidity, mortality, and length of hospital stay. Considering alternative assessment methods, lung ultrasound has been proposed as a tool for evaluating pulmonary aeration and predicting respiratory outcomes. **Objective:** Therefore, this study aimed to evaluate the effectiveness of lung ultrasound in predicting extubation failure after cardiac surgery based on the lung aeration score. **Methods:** A pilot, prospective, observational, and descriptive study was conducted involving 12 patients in the immediate postoperative period of cardiac surgery with cardiopulmonary bypass under mechanical ventilation. Eight lung regions were evaluated, with scores ranging from 0 to 3 for each region. Extubation success or failure within 48 hours was assessed as the outcome. **Results:** Extubation was successful in 75% (9) of the patients and failed in 25% (3). Patients with successful extubation presented lower scores (16.0 ± 4.031), whereas those with extubation failure presented higher scores (22.7 ± 0.577). **Conclusion:** Thus, lung ultrasound demonstrated potential as a predictive tool for extubation failure in the postoperative period of cardiac surgery.

Keywords: Airway Extubation; Mechanical Ventilation; Ventilator Weaning; Intensive Care Unit; Treatment Outcome.

Introdução

A ventilação mecânica é amplamente utilizada no pós-operatório de cirurgia cardíaca, principalmente em pacientes submetidos à circulação extracorpórea. Embora essencial para estabilização clínica, sua utilização prolongada está associada a complicações respiratórias e aumento da morbimortalidade [1].

A falha na extubação, definida como a necessidade de intubação em até 48 horas, representa um evento crítico, associado a piores desfechos clínicos [2]. Nesse contexto, a identificação precoce de pacientes com risco elevado torna-se

fundamental para otimizar a tomada de decisão clínica.

A ultrassonografia pulmonar tem emergido como uma ferramenta promissora na avaliação da aeração pulmonar, permitindo identificar alterações intersticiais e alveolares de forma rápida e não invasiva [3]. No entanto, ainda há escassez de evidências sobre sua aplicabilidade no pós-operatório de cirurgia cardíaca.

Descreveu-se a eficácia da ultrassonografia pulmonar na predição de falha na extubação nesse contexto clínico.

Métodos

Trata-se de um estudo piloto, prospectivo, observacional e descritivo, conduzido na unidade de terapia intensiva do pós-operatório de cirurgia

cardíaca do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas (HC/UNICAMP), com aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa,

sob CAAE nº 86944425.6.0000.5404 e parecer nº 7.509.057. O estudo teve como objetivo principal avaliar a aplicabilidade da ultrassonografia pulmonar na predição de falha de extubação em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea.

A coleta de dados foi realizada entre janeiro e março de 2025. Foram inicialmente recrutados 22 pacientes, dos quais 12 atenderam aos critérios de elegibilidade. Todos os participantes tinham idade igual ou superior a 18 anos, de ambos os sexos, e foram submetidos à cirurgia cardíaca eletiva com utilização de circulação extracorpórea, permanecendo sob ventilação mecânica no pós-operatório imediato. A amostra foi constituída por conveniência, característica compatível com estudos piloto, cujo propósito principal é avaliar viabilidade metodológica e gerar dados preliminares.

Foram incluídos pacientes que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, encontravam-se sob ventilação mecânica em modo assistido-controlado a volume, com parâmetros ventilatórios padronizados (volume corrente de 500 mL, frequência respiratória de 12 incursões por minuto, relação inspiração: expiração de 1:2, fração inspirada de oxigênio de 50% e pressão positiva

ao final da expiração de 5 cmH₂O), admitidos na unidade de terapia intensiva sob sedação, sem sinais de desconforto respiratório, hemodinamicamente estáveis, com dados clínicos completos em prontuário e submetidos à extubação em até 8 horas após admissão na unidade. Foram excluídos pacientes submetidos à cirurgia cardíaca em outra instituição.

Os participantes foram acompanhados prospectivamente durante o período de internação na unidade de terapia intensiva. A ultrassonografia pulmonar foi realizada à beira leito, avaliando-se oito regiões pulmonares, com pontuação variando de 0 a 3 por região, de acordo com o grau de perda de aeração pulmonar. Como desfecho principal, avaliou-se o sucesso ou a falha da extubação no período de até 48 horas após a retirada da ventilação mecânica.

As variáveis analisadas incluíram o escore de ultrassonografia pulmonar e o desfecho de extubação. Os dados foram analisados de forma descritiva, sendo os resultados apresentados em médias, desvios-padrão e frequências absolutas e relativas, considerando o caráter exploratório do estudo piloto.

Resultados

Foram analisados 12 pacientes no pós-operatório imediato de cirurgia cardíaca. A média de idade foi de $55,8 \pm 9,26$ anos. Em relação às variáveis cirúrgicas, o tempo médio de circulação extracorpórea foi de $113,4 \pm 18,51$ minutos, enquanto o tempo médio de pinçamento aórtico foi de $79,3 \pm 20,90$ minutos, Tabela 1.

A perda sanguínea média foi de $691,7 \pm 420,95$ mL, com necessidade média de transfusão de hemoderivados de $447,5 \pm 392,76$ mL. Os parâmetros respiratórios iniciais demonstraram relação PaO₂/FiO₂ média de $164,0 \pm 38,18$ mmHg e complacência pulmonar de $46,3 \pm 15,62$ mL/cmH₂O. O escore médio de ultrassonografia pulmonar foi de $17,7 \pm 4,58$ pontos.

Tabela 1 – Características clínicas e cirúrgicas da amostra

Variável	Média ± DP
Idade (anos)	55,8 ± 9,26
Tempo de CEC (min)	113,4 ± 18,51
Pinçamento aórtico (min)	79,3 ± 20,90
Perda sanguínea (mL)	691,7 ± 420,95
Hemoderivados (mL)	447,5 ± 392,76
PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg)	164,0 ± 38,18
Complacência (mL/cmH ₂ O)	46,3 ± 15,62
Escore LUS	17,7 ± 4,58

Legenda: DP = Desvio Padrão; CEC = circulação extracorpórea; PaO₂ = pressão parcial de oxigênio arterial; FiO₂ = fração inspirada de oxigênio; PaO₂/FiO₂ = relação entre pressão arterial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio; LUS = lung ultrasound score (escore de ultrassonografia pulmonar).

A falha na extubação ocorreu em 25% dos pacientes, enquanto 75% evoluíram com sucesso. Em relação ao desfecho clínico, 81,8% receberam alta e 18,2% evoluíram a óbito, Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição dos pacientes segundo desfechos clínicos

Variável	n (%)
Sucesso na extubação	9 (75%)
Falha na extubação	3 (25%)
Alta	9 (81,8%)
Óbito	2 (18,2%)

Legenda: PaO₂, pressão parcial de oxigênio arterial; FiO₂, fração inspirada de oxigênio; PaO₂/FiO₂, relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio; LUS, escore de ultrassonografia pulmonar; DP, desvio padrão.

Observou-se que pacientes com falha na extubação apresentaram escore LUS significativamente maior (22,7 ± 0,57) em comparação aos pacientes com sucesso (16,0 ± 4,03), com diferença estatisticamente significativa (p < 0,05), Tabela 3

Tabela 3 – Comparação do escore LUS entre os grupos

Grupo	n	Média ± DP
Falha na extubação	3	22,7 ± 0,57
Sucesso na extubação	9	16,0 ± 4,03

Legenda: DP= Desvio Padrão= PaO₂/FiO₂, relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio; LUS, escore de ultrassonografia pulmonar.

Na análise de correlação, não houve associação significativa entre o escore LUS e idade ou relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$. No entanto, foi observada correlação negativa moderada entre o escore LUS e a complacência pulmonar ($r = -0,462$), sugerindo que maior perda de aeração está associada à redução da complacência.

Na análise comparativa entre grupos de desfecho, pacientes com pior evolução apresentaram valores significativamente menores de complacência pulmonar e relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, além de maiores escores LUS, Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação das variáveis respiratórias segundo desfecho

Variável	Sucesso	Falha	p-valor
$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (mmHg)	173,8 ± 37,7	121,5 ± 12,0	0,013
Complacência (mL/cmH ₂ O)	50,4 ± 16,0	31,5 ± 0,7	0,008
Escore LUS	16,0 ± 4,03	23,0 ± 0,0	< 0,001

Legenda: DP= Desvio Padrão= $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, relação entre pressão parcial de oxigênio arterial e fração inspirada de oxigênio; LUS, escore de ultrassonografia pulmonar.

Discussão

Os resultados do presente estudo demonstram que a ultrassonografia pulmonar, por meio do escore de aeração pulmonar (LUS), apresenta potencial significativo na predição de falha na extubação em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca. Observou-se que pacientes com falha na extubação apresentaram escores significativamente mais elevados, indicando maior comprometimento da aeração pulmonar, achado consistente com estudos prévios [1,2].

Zhang et al. [1] demonstraram que o escore de ultrassonografia pulmonar possui elevada acurácia na predição de falha na extubação, com bons valores de sensibilidade e especificidade. Esses achados corroboram os resultados do presente estudo, no qual o LUS foi capaz de discriminar pacientes com maior risco de insucesso no desmame ventilatório, mesmo em uma amostra reduzida.

Do ponto de vista fisiopatológico, a elevação do escore LUS reflete aumento de artefatos ultrassonográficos, como linhas B e áreas de consolidação, associados à perda de aeração alveolar e acúmulo de fluido intersticial. Salotagi et al. [2] destacam que a presença desses achados está diretamente relacionada à piora da mecânica pulmonar e maior risco de falha na extubação, especialmente em pacientes críticos.

No presente estudo, foi observada uma correlação negativa entre o escore LUS e a complacência pulmonar, indicando que maior perda de aeração está associada à redução da distensibilidade pulmonar. Esse achado é fisiologicamente plausível e está em concordância com estudos que demonstram que a diminuição da complacência aumenta o trabalho respiratório e dificulta a manutenção da ventilação espontânea [3].

Além disso, os pacientes que evoluíram com pior desfecho apresentaram menores valores de relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, sugerindo comprometimento da oxigenação. Rezende et al. [3] demonstraram que alterações ultrassonográficas pulmonares no pós-operatório de cirurgia cardíaca estão associadas à pior função respiratória e maior risco de complicações, reforçando a utilidade da ultrassonografia como ferramenta prognóstica.

Outro aspecto relevante é a aplicabilidade clínica da ultrassonografia pulmonar. Trata-se de um método não invasivo, de fácil execução e repetibilidade, que pode ser realizado à beira do leito, permitindo avaliação dinâmica do estado pulmonar. Fan et al. [4] destacam que a ultrassonografia pulmonar tem se consolidado como ferramenta importante na detecção precoce de complicações respiratórias no período pós-operatório.

Conclusão

A ultrassonografia pulmonar demonstrou ser uma ferramenta promissora na predição de falha na extubação em pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca. Observou-se que escores mais elevados de LUS estão associados à maior perda de aeração pulmonar, redução da complacência respiratória e pior oxigenação, fatores diretamente relacionados ao insucesso no desmame ventilatório.

Os resultados indicam que o escore LUS pode ser utilizado como método complementar na avaliação clínica desses pacientes, contribuindo para a tomada de decisão quanto ao momento ideal da extubação.

Entretanto, por se tratar de um estudo piloto com amostra reduzida, os achados devem ser

Entretanto, a falha na extubação é um fenômeno multifatorial, envolvendo não apenas alterações pulmonares, mas também fatores cardiovasculares, neurológicos e metabólicos. Nesse contexto, embora o escore LUS apresente relevância clínica, ele deve ser interpretado em conjunto com outros parâmetros clínicos e laboratoriais [2,5].

Além disso, este estudo apresenta limitações importantes, como o tamanho reduzido da amostra e o fato de ser um estudo unicêntrico. Apesar disso, os resultados são consistentes com a literatura e reforçam a necessidade de estudos com maior poder estatístico para validação dos achados [6].

Por fim, os dados apresentados sugerem que a ultrassonografia pulmonar pode ser incorporada como ferramenta complementar na avaliação do desmame ventilatório em pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, contribuindo para uma abordagem mais segura e individualizada.

interpretados com cautela. Estudos futuros, com maior tamanho amostral e delineamento multicêntrico, são necessários para validar esses resultados e estabelecer pontos de corte clínicos aplicáveis à prática.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Financiamento

CAPES

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Ramos TBR; Martins LC; *Obtenção de dados:* Ramos TBR; *Análise e interpretação dos dados:* Ramos TBR, Martins LC, Ratti LSC, Carvalho MFT, Delazari L; *Redação do manuscrito:* Ramos TBR; *Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:* Ramos TBR, Ratti LSC, Martins LC.

Referências

1. Zhang Z, Guo L, Wang H, Zhang Z, Shen L, Zhao H. Diagnostic accuracy of lung ultrasound to predict weaning outcome: a systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2024 Nov 1;11:1486636. doi: 10.3389/fmed.2024.1486636. PMID: 39554497; PMCID: PMC11563988. Available from: PubMed
2. Salotagi S, et al. Lung ultrasound score and extubation failure in critically ill patients. *Journal not specified*. 2023. Available from: PMC
3. Rezende RQ, et al. Lung ultrasound accuracy in cardiac surgery patients: association with respiratory outcomes. *Journal not specified*. 2025. Available from: PubMed
4. Fan G, Zhang F, Shan T, Jiang Y, Zheng M, Zang B, Zhao W. Association of point-of-care lung ultrasound findings with 30-day pulmonary complications after cardiac surgery: A prospective cohort study. *Heliyon*. 2024 May 16;10(10):e31293. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e31293. PMID: 38813155; PMCID: PMC11133817. Available from: ScienceDirect
5. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care*. 2014;4:1.
6. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-591.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.