

## Análise da espessura do diafragma e da força muscular respiratória em indivíduos hospitalizados: Um estudo transversal

Diaphragm thickness and respiratory muscle strength in hospitalized patients with chronic disease: A cross-sectional study

Análisis del espesor diafragmático y la fuerza muscular respiratoria en pacientes hospitalizados con enfermedades crónicas: Estudio transversal

Recebido: 12/01/2026 | Revisado: 20/01/2026 | Aceitado: 21/01/2026 | Publicado: 22/01/2026

**Julio Cesar Ribeiro Filho**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1862-639X>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: julio.filho4@unioeste.br

**Milena de Souza Pinto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0100-9694>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: milenasouzap27@gmail.com

**Carlos Eduardo de Albuquerque**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2488-9062>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: ceafit@yahoo.com

### Resumo

Analizar e comparar a espessura diafragmática e a força muscular respiratória entre indivíduos hospitalizados com doenças crônicas e controles saudáveis. Estudo observacional e transversal realizado em um hospital público terciário entre agosto e dezembro de 2025. Foram avaliados 14 participantes, divididos em Grupo Crônico ( $n = 7$ ) e Grupo Controle ( $n = 7$ ). A espessura do diafragma foi mensurada por ultrassonografia modo B, durante inspiração e expiração tranquilas. A força muscular respiratória foi avaliada por manovacuometria, por meio dos valores de PImáx e PEmáx. As análises estatísticas incluíram testes t de Student, Mann-Whitney, qui-quadrado e Exato de Fisher, com  $p < 0,05$ . A espessura diafragmática foi significativamente menor no Grupo Crônico tanto na inspiração ( $4,41 \pm 1,00\text{mm}$ ) quanto na expiração ( $2,70 \pm 0,67\text{mm}$ ), quando comparada ao Grupo Controle ( $5,64 \pm 1,04\text{mm}$ ;  $4,19 \pm 1,43\text{mm}$ ), com  $p = 0,0435$  e  $p = 0,0111$ , respectivamente. Não houve diferenças significativas na força muscular respiratória entre os grupos para PImáx ( $p = 0,937$ ) e PEmáx ( $p = 0,674$ ). O tempo de internação foi maior no Grupo Crônico ( $p = 0,04$ ). Indivíduos hospitalizados com doenças crônicas apresentaram redução da espessura do diafragma, embora mantenham força muscular respiratória semelhante à de controles saudáveis. Esses achados sugerem que alterações estruturais do diafragma podem ocorrer precocemente e de forma independente da função muscular. A ultrassonografia mostrou-se uma ferramenta relevante para identificação precoce de alterações respiratórias em pacientes hospitalizados.

**Palavras-chave:** Diafragma; Ultrassonografia; Testes de função respiratória; Doenças crônicas; Hospitalização.

### Abstract

To analyze and compare diaphragmatic thickness and respiratory muscle strength between hospitalized individuals with chronic diseases and healthy controls. This was a cross-sectional observational study conducted at a tertiary public hospital between August and December 2025. Fourteen participants were evaluated and allocated into two groups: Chronic Group ( $n = 7$ ) and Control Group ( $n = 7$ ). Diaphragmatic thickness was assessed using B-mode ultrasonography during quiet inspiration and expiration. Respiratory muscle strength was measured using manovacuometry through maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP). Statistical analysis included Student's t-test, Mann-Whitney test, chi-square and Fisher's Exact test, with significance set at  $p < 0.05$ . Diaphragmatic thickness was significantly lower in the Chronic Group during inspiration ( $4.41 \pm 1.00\text{mm}$ ) and expiration ( $2.70 \pm 0.67\text{mm}$ ) compared to the Control Group ( $5.64 \pm 1.04\text{mm}$ ;  $4.19 \pm 1.43\text{mm}$ ), with  $p = 0.0435$  and  $p = 0.0111$ , respectively. No differences were found in respiratory muscle strength between groups for MIP ( $p = 0.937$ ) or MEP ( $p = 0.674$ ). Length of hospital stay was significantly higher in the Chronic Group ( $p = 0.04$ ). Hospitalized individuals with chronic diseases exhibited reduced diaphragmatic thickness compared to healthy controls, despite similar respiratory muscle strength. These findings suggest that structural alterations of the diaphragm may occur early and independently of measurable functional deficits. Ultrasonography proved to be a valuable tool for the early identification of respiratory changes in hospitalized patients.

**Keywords:** Diaphragm; Ultrasonography; Respiratory function tests; Chronic diseases; Hospitalization.

## Resumen

Analizar y comparar el espesor diafragmático y la fuerza muscular respiratoria entre individuos hospitalizados con enfermedades crónicas y controles sanos. Se realizó un estudio observacional y transversal en un hospital público terciario entre agosto y diciembre de 2025. La muestra estuvo compuesta por 14 participantes, divididos en Grupo Crónico ( $n = 7$ ) y Grupo Control ( $n = 7$ ). El espesor del diafragma fue evaluado mediante ultrasonografía en modo B, durante los momentos de inspiración y espiración tranquilas. La fuerza muscular respiratoria fue determinada por medio de la manovacuometría, utilizando los valores de presión inspiratoria máxima (PImáx) y presión espiratoria máxima (PEmáx). Para el análisis estadístico se emplearon las pruebas t de Student, Mann-Whitney, chi-cuadrado y Exacta de Fisher, adoptándose un nivel de significancia de  $p < 0,05$ . El Grupo Crónico presentó un espesor diafragmático significativamente menor tanto en la inspiración ( $4,41 \pm 1,00$  mm) como en la espiración ( $2,70 \pm 0,67$  mm), en comparación con el Grupo Control ( $5,64 \pm 1,04$  mm y  $4,19 \pm 1,43$  mm, respectivamente), con valores de  $p = 0,0435$  y  $p = 0,0111$ . No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en relación con la fuerza muscular respiratoria para PImáx y PEmáx. El tiempo de hospitalización fue significativamente mayor en el Grupo Crónico. Los individuos hospitalizados con enfermedades crónicas presentan reducción del espesor del diafragma, a pesar de mantener valores similares de fuerza muscular respiratoria en comparación con controles sanos. Estos resultados indican que las alteraciones estructurales del diafragma pueden manifestarse de forma temprana e independiente de la función muscular, destacando la ultrasonografía como una herramienta útil para la evaluación precoz en el ámbito hospitalario.

**Palabras clave:** Diafragma; Ultrasonografía; Pruebas de función respiratoria; Enfermedades crónicas; Hospitalización.

## 1. Introdução

A função respiratória depende da interação coordenada entre pulmões, caixa torácica e musculatura respiratória, sendo o diafragma o principal músculo responsável pela ventilação em repouso. Sua integridade estrutural e funcional é essencial para a manutenção da mecânica ventilatória, e alterações em sua espessura ou contratilidade podem comprometer a eficiência respiratória e favorecer a instalação de fadiga muscular (O'Donnell et al., 2019).

Em indivíduos com doenças crônicas, como diabetes mellitus tipo 2 (DM2), doença renal crônica (DRC), insuficiência cardíaca (IC) e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), há evidências robustas de alterações musculares associadas a inflamação sistêmica persistente, ativação de vias proteolíticas, estresse oxidativo e disfunção mitocondrial. Esses mecanismos contribuem para perda de massa e força muscular, fenômeno amplamente descrito por Ebner et al. (2015) em pacientes com doenças crônicas, e reforçado por estudos que destacam o papel do estresse oxidativo na disfunção muscular em condições inflamatórias (Powers et al., 2011). Na DPOC, especificamente, há prejuízo tanto da musculatura periférica quanto dos músculos respiratórios, incluindo o diafragma, com repercussões significativas na capacidade funcional e na tolerância ao exercício (Maltais et al., 2014).

A hospitalização tende a agravar esse cenário. Puthucheary et al. (2013) demonstraram que pacientes internados em ambiente hospitalar podem apresentar perda muscular acelerada já nos primeiros dias de internação, resultado de imobilismo, inflamação aguda, balanço energético negativo e maior atividade catabólica. Além de afetar grupos musculares periféricos, esse processo pode comprometer diretamente a musculatura respiratória, tornando o diafragma mais vulnerável à fadiga e reduzindo sua eficiência mecânica.

Nesse contexto, compreender a função diafragmática torna-se fundamental. A redução da espessura e da mobilidade do diafragma tem sido associada a maior risco de falência respiratória e piores desfechos clínicos em diferentes populações (O'Donnell et al., 2019; Kelly et al., 2021). Assim, métodos capazes de avaliar de forma objetiva e não invasiva a função diafragmática têm ganhado destaque.

A ultrassonografia do diafragma tem se consolidado como ferramenta confiável para essa finalidade. Trata-se de um método acessível, seguro, reproduzível e útil tanto para avaliação estrutural quanto funcional. Sarwal et al. (2013) descreveram detalhadamente parâmetros como espessura diafragmática e fração de espessamento (thickening fraction), reforçando sua relevância clínica. Revisões mais recentes reforçam que o ultrassom apresenta boa validade para avaliar disfunção diafragmática em diferentes cenários clínicos (Dubé & Dres, 2020), enquanto estudos prospectivos demonstram que alterações na espessura e

no espessamento do diafragma refletem diretamente a sua função (Vivier et al., 2017). Estudos recentes demonstram que a ultrassonografia de músculos respiratórios, incluindo espessura e fração de espessamento do diafragma, apresenta excelente reprodutibilidade e está associada com a estratificação da gravidade da doença pulmonar obstrutiva crônica, sugerindo seu potencial clínico como ferramenta complementar à espirometria tradicional (Dong et al., 2025).

Apesar do avanço das pesquisas, ainda existem lacunas importantes na literatura, especialmente no que se refere à comparação entre indivíduos hospitalizados com doenças crônicas e controles saudáveis. Investigar a espessura diafragmática e a força muscular respiratória nesses pacientes pode auxiliar na compreensão da fisiopatologia associada ao descondicionamento muscular decorrente da hospitalização, além de orientar intervenções fisioterapêuticas mais direcionadas.

Os objetivos do seguinte estudo foram analisar e comparar a força muscular inspiratória e expiratória máximas (PImáx e PEmáx, respectivamente) e a espessura do músculo diafragma em indivíduos hospitalizados com diferentes doenças crônicas.

## 2. Metodologia

Este é um estudo observacional e transversal de natureza quantitativa (Toassi & Petry, 2021; Pereira et al., 2018) e que fez uso de estatística descritiva simples com classes de dados (por sexo, faixa etária etc) e, valores de média, desvio padrão, frequência absoluta em valores e frequência relativa porcentual (Shitsuka et al., 2014) conduzido entre agosto e dezembro de 2025 no Hospital Universitário do Oeste do Paraná (HUOP-UNIOESTE). O estudo obteve aprovação do Comitê de Ética do HUOP-UNIOESTE (Parecer: 7.738.198/2025). Os participantes incluídos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Foram incluídos pacientes hospitalizados com doenças crônicas como diabetes mellitus tipo 2 (DM2), doença renal crônica (DRC), insuficiência cardíaca (IC) e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). O grupo controle foi constituído por indivíduos saudáveis, autorrelatados, de idade equivalente, sem histórico de tabagismo, doenças autoimunes, cardiorrespiratórias ou musculoesqueléticas. Foram excluídos aqueles com disfunções cognitivas ou neurológicas, histórico recente de cirurgias torácicas, abdominais e/ou ortopédicas, dificuldade para deambular, bem como gestantes, em ambos os grupos.

A espessura do músculo diafragma foi avaliada por um fisioterapeuta treinado, utilizando um aparelho portátil de ultrassom (Aplio™ 300, Toshiba Medical do Brasil Ltda.). As medidas foram realizadas com transdutor linear de alta frequência ( $>7$  MHz), posicionado no tórax inferior direito, entre a linha axilar média e anterior, na região do triângulo de aposição. O exame foi conduzido em modo B, com o participante em posição supina, durante ciclos respiratórios espontâneos. A espessura diafragmática foi mensurada no final da inspiração tranquila e no final da expiração tranquila, considerando a distância entre as interfaces pleural e peritoneal. Foram obtidas três medidas consecutivas em cada momento respiratório, sendo utilizada a média dos valores (Sarwal et al., 2013).

A força muscular respiratória foi avaliada por meio de um manovacuômetro analógico, seguindo as diretrizes da American Thoracic Society (ATS). Foram obtidos os valores de pressão inspiratória máxima (PImáx) e pressão expiratória máxima (PEmáx), com o participante sentado, utilizando clipe nasal e bocal rígido. Realizaram-se três manobras aceitáveis, com variabilidade inferior a 10%, e foi considerada a média das três manobras.

Os dados foram analisados utilizando o IBM SPSS Statistics V25.0. As variáveis contínuas foram descritas por meio de média e desvio padrão. Para verificar a normalidade da distribuição dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. Os testes t de Student e Mann-Whitney foram usados para análises de comparação. As variáveis categóricas foram descritas por frequências absolutas e percentuais e as comparações foram realizadas pelos testes qui-quadrado e Exato de Fisher. A significância estatística foi definida como  $p < 0,05$ .

### 3. Resultados

Foram incluídos 14 participantes, distribuídos igualmente entre o Grupo Crônico (n=7) e o Grupo Controle (n=7). A idade média foi maior no Grupo Crônico ( $64,0 \pm 17,3$  anos) em comparação ao controle ( $50,4 \pm 9,6$  anos), porém sem diferença estatisticamente significativa ( $p = 0,08$ ). A proporção entre os sexos foi semelhante entre os grupos, com 42,9% de mulheres e 57,1% de homens em cada grupo ( $p = 1,00$ ).

Comorbidades estiveram presentes apenas no Grupo Crônico: diabetes mellitus tipo 2 (42,9%), doença renal crônica (57,1%), DPOC (14,3%) e insuficiência cardíaca (57,1%). Nenhum participante do Grupo Controle apresentou tais condições.

O tempo de internação foi significativamente maior no Grupo Crônico ( $12,7 \pm 9,5$  dias) em relação ao Grupo Controle ( $5,6 \pm 4,7$  dias), com  $p = 0,04$ . As características da amostra são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1** – Caracterização da amostra.

Variável	Grupo Crônico (n=7)	Grupo Controle (n=7)	p-valor
Idade (anos), média ± DP	$64,0 \pm 17,3$	$50,4 \pm 9,6$	0,08
Sexo feminino, n (%)	3 (42,9%)	3 (42,9%)	1,00
Sexo masculino, n (%)	4 (57,1%)	4 (57,1%)	1,00
Diabetes mellitus tipo 2, n (%)	3 (42,9%)	0 (0%)	-
Doença renal crônica, n (%)	4 (57,1%)	0 (0%)	-
DPOC, n (%)	1 (14,3%)	0 (0%)	-
Insuficiência cardíaca, n (%)	4 (57,1%)	0 (0%)	-
Tempo de internação (dias), média ± DP	$12,7 \pm 9,5$	$5,6 \pm 4,7$	0,04*

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para PImáx e PEmáx. A PImáx foi semelhante entre controle ( $-44 \pm 20,9$  cmH<sub>2</sub>O) e crônicos ( $-45 \pm 36,5$  cmH<sub>2</sub>O;  $p = 0,937$ ). A PEmáx também não apresentou diferença significativa (controle:  $61,7 \pm 17,1$  cmH<sub>2</sub>O; crônicos:  $52,7 \pm 51,6$  cmH<sub>2</sub>O;  $p = 0,674$ ).

Por outro lado, houve diferença significativa entre os grupos na espessura diafragmática, tanto na inspiração quanto na expiração. O Grupo Controle apresentou valores maiores de espessura inspiratória ( $5,64 \pm 1,04$ mm) em comparação aos pacientes crônicos ( $4,41 \pm 1,00$ mm;  $p = 0,0435$ ). Da mesma forma, na expiração, o Grupo Controle apresentou espessura superior ( $4,19 \pm 1,43$ mm) em relação ao Grupo Crônico ( $2,70 \pm 0,6$ mm;  $p = 0,0111$ ).

**Tabela 2** - Força muscular inspiratória e expiratória e espessura diafragmática nos grupos crônico e controle.

Variável	Grupo Crônico (média ± DP)	Grupo Controle (média ± DP)	p-valor
PImáx (cmH <sub>2</sub> O)	$-45 \pm 36,5$	$-44 \pm 20,9$	0,937
PEmáx (cmH <sub>2</sub> O)	$52,7 \pm 51,6$	$61,7 \pm 17,1$	0,674
Diafragma Insp (mm)	$4,41 \pm 1,00$	$5,64 \pm 1,04$	0,0435
Diafragma Exp (mm)	$2,70 \pm 0,67$	$4,19 \pm 1,43$	0,0111

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

### 4. Discussão

O presente estudo comparou a espessura do diafragma e a força muscular respiratória entre indivíduos hospitalizados com doenças crônicas e controles saudáveis. Os principais achados demonstram que o Grupo Controle apresentou maior espessura diafragmática, tanto na inspiração quanto na expiração, enquanto não houve diferença significativa nos valores de

força muscular respiratória. Além disso, o tempo de internação foi significativamente maior entre os pacientes crônicos.

A menor espessura do diafragma observada nos pacientes crônicos está de acordo com achados da literatura que descrevem atrofia muscular associada a doenças sistêmicas, inflamação crônica e redução da atividade física. Ebner et al. (2015) destacam que doenças crônicas frequentemente cursam com alterações metabólicas e inflamatórias que promovem perda de massa muscular, incluindo musculatura respiratória. Esse processo pode explicar a espessura reduzida encontrada no Grupo Crônico deste estudo, mesmo em condições de respiração espontânea.

Além disso, a hospitalização prolongada pode acelerar o processo de perda muscular. Puthucheary et al. (2013) demonstraram que a imobilidade durante a internação resulta em perda rápida de massa muscular esquelética, especialmente nas primeiras semanas. No presente estudo, o Grupo Crônico permaneceu internado por um período significativamente maior, o que pode ter contribuído para a redução da espessura diafragmática observada.

Outro ponto relevante é que, embora doenças como DPOC possam apresentar espessamento diafragmático adaptativo em fases específicas, especialmente devido à hiperinsuflação, essa característica não é universal. Maltais et al. (2014) apontam que a trajetória do remodelamento muscular em doenças crônicas é heterogênea e depende do fenótipo clínico, gravidade, nível de inflamação e condições metabólicas. Dessa forma, a espessura reduzida observada na população do presente estudo é compatível com um perfil catabólico associado à cronicidade e hospitalização.

Apesar da diferença estrutural, não foram observadas diferenças significativas nos valores de força muscular respiratória (PImáx e PEmáx) entre os grupos. Esse achado sugere que a redução da espessura do diafragma não se traduziu, necessariamente, em pior desempenho muscular. Sarwal et al. (2013) e Dubé & Dres (2020) destacam que a espessura diafragmática isolada nem sempre reflete a função do músculo, sendo a fração de espessamento (thickening fraction) um indicador mais sensível de contratilidade. Assim, é possível que os pacientes crônicos apresentem alterações estruturais iniciais sem comprometimento funcional mensurável por manovacuometria.

Embora o presente estudo não envolva pacientes sob ventilação mecânica, evidências provenientes desse contexto oferecem um modelo consolidado para compreensão da relação entre alterações estruturais do diafragma e desfechos clínicos relevantes. Evidências recentes sugerem que a fração de espessamento diafragmático medida por ultrassom, especialmente quando combinada com índices clínicos integrativos de desmame, pode predizer o sucesso no desmame de pacientes sob ventilação mecânica, ressaltando sua relevância clínica em contextos críticos (Lin et al., 2024). Observações recentes em pacientes com exacerbão aguda de DPOC indicam que parâmetros ultrassonográficos como deslocamento e fração de espessamento do diafragma se correlacionam significativamente com desfechos de desmame da ventilação mecânica, reforçando o valor preditivo desses indicadores na prática clínica (Qu et al., 2025).

Também é importante considerar que PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub> são influenciadas por fatores motivacionais e pelo nível de compreensão do esforço, o que pode reduzir a sensibilidade desses testes na detecção de déficits funcionais subclínicos. Ademais, as grandes variabilidades encontradas, especialmente no Grupo Crônico, podem ter reduzido o poder estatístico para detectar diferenças entre os grupos.

No geral, os resultados indicam que pacientes hospitalizados com doenças crônicas apresentam redução estruturada da espessura diafragmática, possivelmente associada ao impacto metabólico das doenças crônicas e ao maior tempo de internação, ainda que a função respiratória medida por PI<sub>máx</sub> e PE<sub>máx</sub> permaneça preservada. Esses achados reforçam a importância de avaliações precoces da musculatura respiratória e da implementação de estratégias preventivas durante a hospitalização.

## 5. Conclusão

O presente estudo demonstrou que indivíduos hospitalizados com doenças crônicas apresentam menor espessura diafragmática, tanto na inspiração quanto na expiração, quando comparados a controles saudáveis. Apesar dessa diferença

estrutural, a força muscular respiratória, avaliada por PImáx e PEmáx, permaneceu semelhante entre os grupos, sugerindo que alterações morfológicas do diafragma podem ocorrer de forma precoce e não necessariamente se refletir imediatamente em déficits funcionais mensuráveis.

## Referências

- Dong, Z., Zhao, M., Zheng, S., Gu, H., Cao, N., Sun, X., Ge, J., Yan, X., Ye, J., & Huang, B. (2025). Ultrasound evaluation of diaphragmatic and intercostal muscle function as an indicator of COPD severity: a prospective cross-sectional study. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. <https://doi.org/10.2147/copd.s569990>
- Ebner, N., Steinbeck, L., Doehner, W., Anker, S. D., & von Haehling, S. (2015). Muscle wasting in ageing and chronic illness. *ESC Heart Failure*, 2(2), 58–68. <https://doi.org/10.1002/ehf2.12035>
- Kelly, A. M., Dorgan, E., O'Donoghue, D., & O'Kelly, P. (2021). Diaphragm dysfunction and its clinical significance. *Respiratory Medicine*, 176, 106244. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2020.106244>
- Lin, H., Yao, M., Qin, Z., Fu, S., & Wang, H. (2024). Predictive values of ultrasonic diaphragm thickening fraction combined with integrative weaning index in weaning patients with mechanical ventilation: A retrospective study. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, 19, 66. <https://doi.org/10.1186/s13019-024-02544-x>
- Maltais, F., et al. (2014). An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: Update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 189(9), e15–e62. <https://doi.org/10.1164/rccm.201402-0373ST>
- O'Donnell, D. E., & Webb, K. A. (2019). The major limitation to exercise performance in COPD is dynamic hyperinflation. *Journal of Applied Physiology*, 126(3), 724–737. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00707.2018>
- Pereira, A. S., et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. Santa Maria: Editora da UFSM. (E-book gratuito).
- Powers, S. K., Kavazis, A. N., & Deruisseau, K. C. (2011). Mechanisms of disuse muscle atrophy: Role of oxidative stress. *Comprehensive Physiology*, 1(2), 1115–1137. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100026>
- Puthucheary, Z. A., et al. (2013). Acute skeletal muscle wasting in critical illness. *Journal of the American Medical Association*, 310(15), 1591–1600. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.278481>
- Qu, L., Zhao, W., Zhang, W., & Li, J. (2025). Predictive value analysis of diaphragmatic ultrasound evaluation for mechanical ventilation outcomes in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulmonary Medicine*, 25, 478. <https://doi.org/10.1186/s12890-025-03567-3>
- Sarwal, A., Walker, F. O., & Cartwright, M. S. (2013). Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm. *Muscle & Nerve*, 47(3), 319–329. <https://doi.org/10.1002/mus.23671>
- Shitsuka, R., et al. (2014). Matemática fundamental para tecnologia (2<sup>a</sup> ed.). Editora Érica.
- Toassi, R. F. O., & Petry, P. C. (2021). Metodologia científica aplicada à área de saúde (2<sup>a</sup> ed.). Editora da UFRGS.
- Vieira, S. (2021). Introdução à bioestatística. Editora GEN/Guanabara Koogan.
- Vivier, E., et al. (2017). Diaphragm thickening fraction predicts weaning failure from mechanical ventilation. *Intensive Care Medicine*, 43(5), 687–694. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4678-9>