

# Comparação de custos entre lobectomia pulmonar por videotoroscopia e por cirurgia robótica: resultados de estudo brasileiro randomizado e controlado (Estudo BRAVO)

## *A comparative cost analysis study of pulmonary robotic and video-assisted lobectomy: results of a randomized controlled trial (BRAVO Study)*

RICARDO MINGARINI TERRA<sup>1</sup> ; JULIANA ROCHA MOL TRINDADE<sup>1</sup> ; PEDRO HENRIQUE XAVIER NABUCO DE ARAUJO<sup>1</sup> ; LETICIA LEONE LAURICELLA<sup>1</sup> ; EVELISE PELEGRINELLI ZAIDAN<sup>1</sup> ; PAULO MANUEL PÊGO FERNANDESA<sup>2</sup> .

### R E S U M O

**Introdução:** A cirurgia torácica robótica tem muitos benefícios em potencial, mas o custo ainda é considerado um fator limitante para sua ampla disseminação em muitos países. **Métodos:** Comparamos os custos da cirurgia torácica robótica (RATS) e por videotoroscopia (VATS) no tratamento do câncer de pulmão e metástases pulmonares. A análise do custo foi obtida pelos dados de microcusteio e de análise de custo individual durante a internação cirúrgica, além da frequência de uso dos serviços (emergência, visita hospitalar, exames de imagem, quimioterapia e radioterapia, reoperação ou procedimentos adicionais, re-hospitalização e permanência em leito de terapia intensiva) durante acompanhamento de 90 dias de pós-operatório. **Resultados:** O total de 76 pacientes foram incluídos na análise de custo (RATS=37, VATS=39). Os grupos foram equivalentes em relação à faixa etária, sexo, comorbidades e status pré-operatório. Não houve diferença do custo total da lobectomia pulmonar entre os grupos RATS ou VATS quando avaliado custo da internação cirúrgica e seguimento de 90 dias de pós-operatório. O custo médio por paciente no grupo RATS foi de R\$35,590.41 ( $\pm 12,514.97$ ) e R\$41,066.98 ( $\pm 25,891.04$ ) no grupo VATS,  $p=0.564$ . **Conclusão:** Os custos da cirurgia torácica por vias robótica e videotoroscópica foram similares, entretanto a avaliação de períodos de pós-operatório mais longos seria importante para mostrar diferença de custo entre os procedimentos.

**Palavras-chave:** Cirurgia Torácica Robótica. Custos de Cirurgia Robótica. Cirurgia Torácica Minimamente Invasiva. Ressecção Pulmonar. Câncer de Pulmão.

### INTRODUÇÃO

A ressecção pulmonar é o padrão-ouro no tratamento do câncer de pulmão em estágios iniciais, a lobectomia pulmonar sendo recomendada na maioria dos casos. A cirurgia torácica minimamente invasiva tem demonstrado benefícios pós-operatórios, como redução da morbidade pós-operatória e do tempo de internação<sup>1</sup>, sem comprometer os resultados oncológicos<sup>2</sup>.

A cirurgia torácica robótica agregou benefícios técnicos relevantes à cirurgia minimamente invasiva, como melhor visualização do campo cirúrgico por meio de imagens tridimensionais (3D) e controle da câmera pelo cirurgião, maior amplitude de movimento e melhor dissecação de estruturas pulmonares e mediastinais delicadas, além de movimentos mais precisos e sem tremores<sup>3</sup>. Além disso, a literatura tem consistentemente mostrado resultados oncológicos equivalentes para

ressecção pulmonar por meio de cirurgia torácica robótica (RATS – Robotic Assisted Thoracic Surgery) e videocirurgia (VATS – Vídeo-Assisted Thoracic Surgery).

O estudo BRAVO, um estudo brasileiro randomizado controlado comparando os resultados da cirurgia assistida por robótica e vídeo-assistida em pacientes submetidos à lobectomia pulmonar, analisou dois grupos de pacientes, submetidos à cirurgia torácica assistida por robótica ou vídeo-assistida (lobectomia RATS versus VATS), com dados demográficos, condição clínica pré-operatória, função pulmonar e estágio pré-operatório comparáveis. Os resultados pós-operatórios diferiram em termos de readmissão hospitalar. O grupo VATS teve um número significativamente maior de reinternações em 90 dias do que o grupo RATS (8 vs. 1,  $p = 0,029$ ). Além disso, os resultados mostraram uma tendência a uma menor taxa de complicações em 90 dias no grupo RATS (18,9% vs. 35,9%,  $p=0,12$ ) e ausência de diferença estatística na

1 - Universidade de São Paulo, Instituto do Câncer do Estado de São Paulo, Departamento de Cirurgia Torácica - São Paulo - SP - Brasil  
2 - Universidade de São Paulo Instituto do Coração, Departamento de Cirurgia Torácica - São Paulo - SP - Brasil.

dor pós-operatória no 3º e 30º dias após o procedimento. Também não houve diferença na qualidade de vida relatada pelos dois grupos<sup>4</sup>.

Apesar dos potenciais benefícios da cirurgia robótica, o custo ainda é considerado um fator limitante para sua ampla disseminação na maioria dos países. A implementação de um programa de cirurgia robótica requer uma consideração cuidadosa dos custos associados à aquisição da plataforma, manutenção e compra de suprimentos, como pinças e materiais descartáveis, bem como o custo de treinamento especializado para cirurgiões e equipe para operar o robô. Neste estudo, comparamos os custos da cirurgia assistida por robótica e vídeo-assistida no tratamento de câncer de pulmão ou metástase pulmonar em pacientes incluídos em um estudo controlado randomizado.

## **MÉTODOS**

Este estudo compreendeu uma análise de custos de pacientes incluídos no estudo BRAVO, realizado no Instituto do Câncer do Estado de São Paulo, Brasil, entre abril de 2015 e junho de 2017. O BRAVO foi um ensaio clínico randomizado controlado, que comparou lobectomia pulmonar assistida por robótica e vídeo-assistida (RATS=37 pacientes e VATS=39 pacientes). O objetivo primário do estudo BRAVO foi avaliar a morbidade e mortalidade pós-operatória até 90 dias em pacientes submetidos a lobectomia pulmonar para câncer de pulmão ou tratamento de metástases pulmonares. Os desfechos secundários pesquisados foram complicações intraoperatórias, tempo de drenagem pleural, tempo de internação, dor pós-operatória, reinternações em 90 dias, qualidade de vida e comparação de custos.

Os pacientes com diagnóstico de câncer de pulmão elegíveis para o estudo foram avaliados por meio de exames de imagem, tomografia computadorizada e PET-CT. O estadiamento complementar do mediastino foi realizado por EBUS ou Mediastinoscopia em casos de tumores maiores que 3 cm, localização central ou suspeita clínica de envolvimento nodal por meio de exames de imagem. O estudo incluiu: (1) pacientes com indicação de lobectomia para o tratamento do câncer de pulmão ou de metástase pulmonar; (2) tumores de até 5cm de diâmetro; (3) ausência de invasão do diafragma, parede torácica,

mediastino ou outro lobo; e (4) pacientes avaliados por pneumologista e anesthesiologista, com condições clínicas adequadas para a cirurgia.

A plataforma robótica utilizada foi a Da Vinci Si e a técnica cirúrgica foi a proposta por Dylewski et al., com três braços robóticos e um portal acessório para o médico assistente<sup>5</sup>. A lobectomia por VATS foi realizada conforme padronizado em nosso serviço, utilizando três portais. Linfadenectomia hilar e mediastinal foi realizada apenas em pacientes com câncer de pulmão primário. Drenagem pleural tubular 28Fr foi utilizada em todos os casos. Os pacientes foram encaminhados para a unidade de internação, exceto pacientes idosos com múltiplas comorbidades ou em casos de complicação intraoperatória, encaminhados à UTI após o procedimento.

A análise de custos foi baseada em microcusteio e análise de custos individuais de 76 pacientes. Os dados referentes à internação cirúrgica estavam disponíveis em planilhas de custos agrupadas por: (1) serviços hospitalares; (2) serviços profissionais; (3) serviços de diagnóstico; (4) materiais; (5) órteses e próteses; e (6) suprimentos robóticos. Cada coluna representava o custo específico por item e cada linha representava um paciente. "Suprimentos robóticos" incluem grampos robóticos, tampa de braços robóticos e câmera. Os valores foram calculados após a revisão das notas fiscais de importação e doações e os valores médios foram convertidos para reais (R\$). Os custos do acompanhamento pós-operatório de 90 dias também foram fornecidos em termos de frequência de atendimentos: serviço de emergência, consultas clínicas, exames de imagem, quimioterapia e radioterapia, cirurgia (reoperação ou procedimentos adicionais), reinternação e permanência na UTI. Com exceção dos procedimentos cirúrgicos, todos os custos foram calculados como o custo médio do serviço no ano atual de uso. O custo da cirurgia foi calculado individualmente.

Os dados de custos foram coletados em dólares americanos e convertidos para reais a uma taxa de câmbio de R\$ 3,40, que representa a taxa de câmbio média mensal nos anos em que o estudo esteve em vigor (2015 a 2017).

As análises estatísticas foram realizadas com o SPSS, versão 25. Os custos são apresentados como média mais ou menos desvio padrão (DP) e o teste de Mann-Whitney foi utilizado para comparar os grupos. Todas as

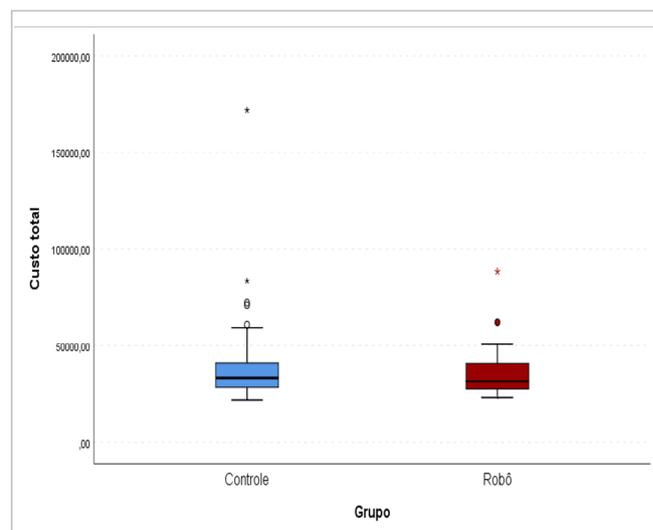
análises foram realizadas com nível de significância de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Um total de 76 pacientes BRAVO foram incluídos nesta análise de custo (RATS=37, VATS=39). Os grupos foram equivalentes em termos de idade, sexo, comorbidades e estado pré-operatório. Os resultados pós-operatórios são mais bem descritos em outro artigo, mas os resultados relevantes são os seguintes: O tempo de sala de cirurgia do RATS foi maior do que o VATS ( $241,7 \pm 72,6$  min vs.  $214,4 \pm 45,1$  min, respectivamente,  $p = 0,06$ ). Não houve diferença no tempo de permanência na UTI, tempo de dreno torácico e tempo de internação, reoperação, complicações em 90 dias e mortalidade em 90 dias (Tabela 1). Houve diferença estatisticamente significativa apenas nas reinternações em 90 dias, que foram mais frequentes no grupo VATS, com 8 pacientes (20,5%), vs. 1 paciente do grupo RATS (2,7%),  $p=0,029$ .

Os custos totais da lobectomia pulmonar não diferiram entre os grupos RATS e VATS quando considerado

o custo da internação cirúrgica e acompanhamento de até 90 dias. O custo individual médio por paciente no grupo RATS foi de R\$ 35.590,41 ( $\pm 12.514,97$ ) e R\$ 41.066,98 ( $\pm 25.891,04$ ) no grupo VATS,  $p = 0,564$ , conforme representado na Figura 1.



**Figura 1.** Custos totais da lobectomia pulmonar entre os grupos RATS e VATS

**Tabela 1 - Evolução pós-operatória.**

	Grupo		p-valor
	Grupo VATS (n=39)	Grupo RATS (n=37)	
Tempo de UTI, dias (IIQ)	0 (0-2)	0 (0-1)	0,99
Tempo hospitalar, dias (IIQ)	4 (2-5)	-3 (2-4)	0,55
Dias com dreno torácico, (IIQ)	2 (1-4)	2 (1-2)	0,27
CRP 2POD, n ( $\pm$ SD)	144,6 ( $\pm$ 84,7)	100,8 ( $\pm$ 86,2)	0,35
Reoperação	2 (5,1%)**	1(2,7%)*	0,59
Complicações em 90 dias (%)	14 (35,9%)	7 (18,9%)	0,12
Complicações $\geq$ 3 em 90 dias (%)	10 (25,6%)	7 (18,9%)	0,58
Reinternações em 90 dias, n (%)	8 (20,5%)	1 (2,7%)	0,029
Mortalidade em 90 dias, n (%)	1 (2,5%)	1 (2,7%)	1,0

UTI: unidade de terapia intensiva; IIQ: Intervalo Interquartil; proteína C reativa no 2º dia de pós-operatório; \* Vazamento de ar prolongado. \*\*Vazamento de ar prolongado<sup>1</sup> e empiema<sup>1</sup>.

Os custos totais da internação cirúrgica são apresentados como média por paciente e não diferiram entre os dois grupos: VATS= R\$ 2.832,86 vs. RATS= R\$32.522,61,  $p=0,32$ . Os custos totais da internação cirúrgica e os custos por categoria estão disponíveis na Tabela 2. O grupo RATS apresentou tendência de menor custo em serviços hospitalares, profissionais e diagnósticos, sem significância

estatística, enquanto o grupo VATS apresentou menores custos com materiais (VATS= R\$ 2.024,61 vs RATS= R\$ 2.569,49,  $p < 0,001$ ) e grampeadores endoscópicos (VATS= R\$5.595,06 vs RATS= R\$,023,09,  $p=0,001$ ).

Os custos totais de acompanhamento de 90 dias foram maiores no grupo VATS (mediana VATS= R\$ 2.717,25 vs RATS= R\$1.545,76,  $p=0,035$ ).

**Tabela 2** - Custos de internação cirúrgica.

		Grupo				
		Grupo VATS n=39		Grupo RATS n=37		p-valor
		Média	DP	Média	DP	
Internação Cirúrgica	Serviços hospitalares	13.349,64	8.590,85	11.209,02	4.154,89	0,035
	Serviços profissionais	10.506,88	7.965,87	9.018,55	3.670,71	0,106
	Serviços de diagnóstico	1.356,68	2.445,10	1.223,33	1.073,26	0,530
	Materiais	2.024,61	2.105,18	2.569,49	616,21	<0,001
	Suprimentos robóticos			1.479,13	121,25	NA
	Órteses e próteses – grampos	1.087,19	1.963,59	1.045,14	716,18	0,401
	Órteses e próteses – cargas	4.507,87	1.871,50	5.977,95	1.825,95	0,001
	Órteses e próteses – grampos + cargas	5.595,06	3.159,52	7.023,09	1.861,44	0,001
	Custos totais (sem suprimentos de robôs)	32.832,86	23.402,25	31.043,48	9.632,34	0,988
	Custos totais	32.832,86	23.402,25	32.522,61	9.638,37	0,321

NA: não analisável, DP: desvio padrão

## DISCUSSÃO

Nosso estudo é o primeiro estudo randomizado controlado a incorporar a análise de custos com alguns benefícios: os procedimentos VATS e RATS foram realizados em um único hospital e pudemos examinar a análise de custos usando uma única fonte de pagamento. Nossa instituição é financiada publicamente e os serviços profissionais no período perioperatório são padronizados, portanto, não há variação na fonte de pagamento.

A lobectomia minimamente invasiva por cirurgia assistida por vídeo ou robótica é segura e viável. Uma meta-análise publicada em 2017 por Emmert et al. concluiu que RATS e VATS são comparáveis em termos de resultados perioperatórios, com superioridade de RATS em termos de tempo de internação hospitalar e drenagem torácica<sup>1</sup>. Nosso estudo compreendeu uma experiência inicial e nossos resultados não mostraram diferença entre as duas abordagens em termos de tempo de internação, dias de dreno torácico e qualidade de vida. Os mesmos desfechos foram relatados em outras experiências iniciais<sup>6,7</sup>. Esperávamos que um grande volume de procedimentos robóticos pudesse medir essas diferenças.

Os parâmetros que compõem a avaliação de custos não são padronizados na literatura, mas os custos que devem ser considerados no desenvolvimento de um programa robótico podem incluir aquisição e manutenção da plataforma, além de pinças robóticas e insumos descartáveis específicos<sup>8</sup>. Seguindo a definição

de custo de Nasir et al.<sup>9</sup>, comparamos apenas o custo direto, que consiste em equipamentos descartáveis de sala cirúrgica, insumos descartáveis, grampeadores, itens de farmácia, medicamentos, além de salários e benefícios da equipe que cuida dos pacientes. Os custos indiretos, como compra, manutenção e depreciação da plataforma Da Vinci Si, não foram considerados porque a plataforma robótica foi utilizada para desenvolver outros programas robóticos especializados em nosso hospital, interferindo na distribuição de custos.

Embora a maioria dos estudos tenha observado a lobectomia via RATS como uma abordagem mais cara<sup>10,11</sup>, principalmente no início, tivemos custos de internação semelhantes entre a lobectomia RATS e VATS. Deen et al. mostraram os mesmos resultados ao comparar a lobectomia via RATS aberta com VATS, após a remoção dos custos relacionados à depreciação do robô e dos suprimentos específicos da robótica<sup>12</sup>. Curiosamente, Dylewski-Lazzaro mostrou, em sua análise retrospectiva, uma economia de custos de US\$ 560 por caso. Em nossa análise, durante a admissão cirúrgica, os custos de material RATS foram maiores devido a cargas de grampeadores e suprimentos robóticos descartáveis, mas foram equilibrados pelo custo de pacientes com VATS, que tiveram mais complicações e, portanto, internações mais longas na UTI e no hospital. Os custos de acompanhamento em 90 dias não foram relatados em outros estudos na literatura. Observamos que, ao acompanhar esses pacientes por um período mais longo, as diferenças entre os custos da lobectomia

RATS e VATS tornam-se significativas, com redução no custo da lobectomia RATS em comparação com a VATS, correlacionada com menos complicações. Outros estudos podem confirmar esses resultados.

Em vez de custos incrementais da plataforma robótica, alguns autores sugerem que os custos poderiam ser compensados por reduções nos custos pós-operatórios (internação, complicações e custos de readmissão) e por melhor produtividade, se os pacientes se recuperassem e retornassem às atividades laborais mais rapidamente<sup>14</sup>. Além disso, deve-se considerar que o preço tende a diminuir se outras plataformas robóticas e fabricantes de dispositivos cirúrgicos robóticos estiverem presentes no mercado.

Houve algumas limitações em nosso estudo. Comparamos os custos de apenas duas abordagens, RATS e VATS, uma vez que não incluímos lobectomia pulmonar aberta neste estudo. Embora tivéssemos mais do que os 20 casos recomendados para completar um treinamento adequado, nossa população de estudo foi composta por grupos com um pequeno número de pacientes. Além disso, um estudo multicêntrico de custo compreendendo um número maior de cirurgias seria difícil, uma vez que

os hospitais têm procedimentos contábeis diferentes e não poderiam ser comparáveis.

## CONCLUSÃO

As cirurgias torácicas robótica e vídeo-assistida tiveram custos semelhantes. Menos complicações e alta hospitalar precoce no grupo RATS contribuíram para menores custos hospitalares e profissionais. No entanto, os materiais relacionados à robótica impactaram seus custos finais. Estudos com acompanhamento mais longo podem ser importantes para demonstrar as diferenças de custos entre RATS e VATS.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Ivan Ceconello, Ulysses Ribeiro Junior e Ricardo Zugaib Abdalla pelo pioneirismo, apoio e incentivo à implantação do programa de cirurgia robótica no Instituto do Câncer do Estado de São Paulo. Também somos gratos à equipe de estatísticas e ao departamento financeiro do hospital, que nos ajudaram com dados e análise de custos.

## ABSTRACT

**Introduction:** Robotic thoracic surgery has potential benefits, but the cost is still considered a limiting factor for its wide dissemination in most countries. **Methods:** We compared the costs of robotic-assisted (RATS) and video-assisted thoracic surgery (VATS) in the treatment of lung cancer or pulmonary metastasis. Cost analysis was based on micro-costing and individual cost analysis during surgical admission and frequency of services (emergency service, clinic visits, imaging exams, chemotherapy and radiotherapy, reoperation or additional procedures, rehospitalization, and ICU stay) during postoperative 90-day follow-up. **Results:** A total of 76 patients were included in this cost analysis (RATS=37, VATS=39). Groups were equivalent in terms of age, gender, comorbidities, and pre-operative status. Total costs of pulmonary lobectomy did not differ between the RATS and VATS groups when considering cost of surgical hospitalization and follow-up of up to 90 days. Mean individual cost per patient in the RATS group was R\$35,590.41 ( $\pm 12,514.97$ ) and R\$41,066.98 ( $\pm 25,891.04$ ) in the VATS group,  $p=0.564$ . **Conclusion:** Robotic and video-assisted thoracic surgery had similar costs, but longer follow-up studies could be important to demonstrate RATS and VATS costs differences.

**Keywords:** Robotic Thoracic Surgery. Robotic Surgery Costs. Minimally Invasive Thoracic Surgery. Lung Resection. Lung Cancer.

## REFERÊNCIAS

1. Emmert A, Straube C, Buentzel J, Roever C. Robotic versus thoracoscopic lung resection A systematic review and meta-analysis. Med (United States). 2017;96(35):e7633. doi: 10.1097/MD.0000000000007633.
2. Yang HX, Woo KM, Sima CS, Bains MS, Adusumilli PS, Huang J, et al. Long-term survival based on the surgical approach to lobectomy for clinical stage I nonsmall cell lung cancer: Comparison of robotic, video-assisted thoracic surgery, and thoracotomy lobectomy. Ann Surg. 2017;265(2):431-7. doi: 10.1097/SLA.0000000000001708.

3. Veronesi G, Novellis P, Voulaz E, Alloisio M. Robot-assisted surgery for lung cancer: State of the art and perspectives. *Lung Cancer*. 2016;101:28-34. doi: 10.1016/j.lungcan.2016.09.004.
4. Terra RM, de Araujo PHXN, Lauricella LL, de Campos JRM, Trindade JRM, Pêgo-Fernandes PM. A Brazilian randomized study: Robotic-Assisted vs. Video-assisted lung lobectomy Outcomes (BRAVO trial). *J Bras Pneumol*. 2022;48(4):e20210464. doi: 10.36416/1806-3756/e20210464.
5. Ninan M, Dylewski MR. Total port-access robot-assisted pulmonary lobectomy without utility thoracotomy. *Eur J Cardiothoracic Surg*. 2010;38(2):231-2. doi: 10.1016/j.ejcts.2010.01.047.
6. Worrell SG, Dedhia P, Gilbert C, James C, Chang AC, Lin J, et al. The cost and quality of life outcomes in developing a robotic lobectomy program. *J Robot Surg*. 2019;13(2):239-243. doi: 10.1007/s11701-018-0844-z.
7. Louie BE, Farivar AS, Aye RW, Vallières E. Early experience with robotic lung resection results in similar operative outcomes and morbidity when compared with matched video-assisted thoracoscopic surgery cases. *Ann Thorac Surg*. 2012;93(5):1598-604; discussion 1604-5. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.01.067.
8. Singer E, Kneuert PJ, D'Souza DM, Moffatt-Bruce SD, Merritt RE. Understanding the financial cost of robotic lobectomy: Calculating the value of innovation? *Ann Cardiothorac Surg*. 2019;8(2):194-201. doi: 10.21037/acs.2018.05.18.
9. Nasir BS, Bryant AS, Minnich DJ, Wei B, Cerfolio RJ. Performing robotic lobectomy and segmentectomy: Cost, profitability, and outcomes. *Ann Thoracic Surg*. 2014;98(1):203-8; discussion 208-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.02.051.
10. Novellis P, Alloisio M, Vanni E, Bottoni E, Cariboni U, Veronesi G. Robotic lung cancer surgery: review of experience and costs. *J Vis Surg*. 2017;3:39. doi: 10.21037/jovs.2017.03.05.
11. Subramanian MP, Liu J, Chapman WC, Olsen MA, Yan Y, Liu Y, et al. Utilization Trends, Outcomes, and Cost in Minimally Invasive Lobectomy. *Ann Thorac Surg*. 2019;108(6):1648-55. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.06.049.
12. Deen SA, Wilson JL, Wilshire CL, Vallières E, Farivar AS, Aye RW, et al. Defining the cost of care for lobectomy and segmentectomy: A comparison of open, video-assisted thoracoscopic, and robotic approaches. *Ann Thorac Surg*. 2014;97(3):1000-7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.11.021.
13. Dylewski MR, Lazzaro RS. Robotics - The answer to the Achilles' heel of VATS pulmonary resection. *Chin J Cancer Res*. 2012;24(4):259-60. doi: 10.3978/j.issn.1000-9604.2012.10.05.
14. Barbash GI, Glied SA. New Technology and Health Care Costs — The Case of Robot-Assisted Surgery. *N Engl J Med*. 2010;363(8):701-4. doi: 10.1056/NEJMp1006602.

Recebido em: 02/03/2023

Aceito para publicação em: 23/04/2024

Conflito de interesses: não.

Fonte de financiamento: nenhuma.

#### Endereço para correspondência:

Juliana Rocha Mol Trindade

E-mail: jumtrindade@gmail.com

