



DETRITOS ESPACIAIS: UMA AMEAÇA PARA O TURISMO ESPACIAL

FERNANDA DIÓGENES GOMES VIEIRA

RESUMO

O desejo do homem em viajar ao redor da Terra já é uma realidade. Porém, a presença de detritos espaciais nas órbitas terrestres traz consequências sérias para a concretização do turismo espacial. A presente pesquisa propõe responder se é possível desenvolver um turismo espacial seguro e sustentável. O objetivo geral do estudo foi analisar os impactos decorrentes dos detritos espaciais. Inicialmente, a pesquisa visou identificar o desenvolvimento do turismo espacial no século XXI. Em seguida, buscou verificar as características dos detritos espaciais e os riscos socioambientais para o exercício da atividade comercial no espaço. Por final, procurou apontar medidas para a mitigação dos detritos espaciais na órbita baixa da Terra. Em relação aos aspectos metodológicos, procurou-se realizar pesquisa exploratória e qualitativa por meio da comparação entre as informações obtidas das fontes de pesquisas usadas nesse estudo: bibliográficas e documentais. O método utilizado na investigação foi o hipotético-dedutivo. Concluiu-se que há possibilidade de desenvolver um turismo espacial seguro e sustentável desde que sejam adotadas medidas que mitiguem os detritos espaciais.

Palavras-chave: Detritos espaciais; Turismo espacial; Impactos socioambientais; Mitigação de detritos.

1 INTRODUÇÃO

A busca do homem por recursos naturais para garantir sua subsistência fez com que sua atenção se voltasse para o espaço e, na década de 1950, a corrida tecnológica espacial teve início com o lançamento do satélite soviético Sputnik 1, promovendo um marco histórico para a humanidade ao possibilitar a exploração dos recursos finitos do meio ambiente espacial. Desde então, as atividades exploratórias espaciais vêm crescendo conforme as demandas do dia-a-dia por produtos e serviços oriundos dessa tecnologia empregada e, hoje, presencia-se um novo seguimento que é o turismo espacial.

No decurso dos anos, o número de objetos lançados pelos Estados vem se concentrando sobretudo na órbita baixa da Terra. Com isso, esses objetos espaciais, após o término de suas funções úteis, são descartados, tornando-se os chamados detritos espaciais. E com o desenvolvimento da exploração comercial por meio do turismo destinado à órbita baixa da Terra, essa problemática tende a se agravar, o que pode inviabilizar a utilização do meio ambiente espacial e colocar em risco os viajantes.

Diante dos impactos que os detritos espaciais retratam, buscou-se desenvolver esse estudo como forma de responder ao seguinte problema de pesquisa: É possível desenvolver um turismo espacial seguro e sustentável?

Assim, as hipóteses foram definidas da seguinte maneira: o excesso de detritos espaciais na órbita baixa terrestre dificulta o exercício do turismo espacial; a falta de interesse dos Estados na remoção dos detritos obstaculiza o desenvolvimento sustentável do espaço.

A presente pesquisa tem como objetivo geral analisar os impactos decorrentes dos detritos espaciais. Já os objetivos específicos são: i) identificar o desenvolvimento do turismo espacial no século XXI; ii) verificar as características dos detritos espaciais e os riscos

socioambientais para o exercício da atividade comercial no espaço; iii) apontar medidas para a mitigação dos detritos espaciais na órbita baixa da Terra.

Esse tema traz relevância nos âmbitos social, político e acadêmico. No que diz respeito ao campo social, traz a importância da sustentabilidade do meio ambiente espacial, bem como a garantia da segurança de voo na viagem espacial e a proteção da integridade física dos passageiros durante todo o trajeto. Quanto ao aspecto político, os atores envolvidos no exercício da atividade comercial detêm responsabilidade civil por eventuais danos ocorridos. Já no âmbito acadêmico, fomenta pesquisas científicas na área espacial e a disseminação de conhecimento a toda sociedade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

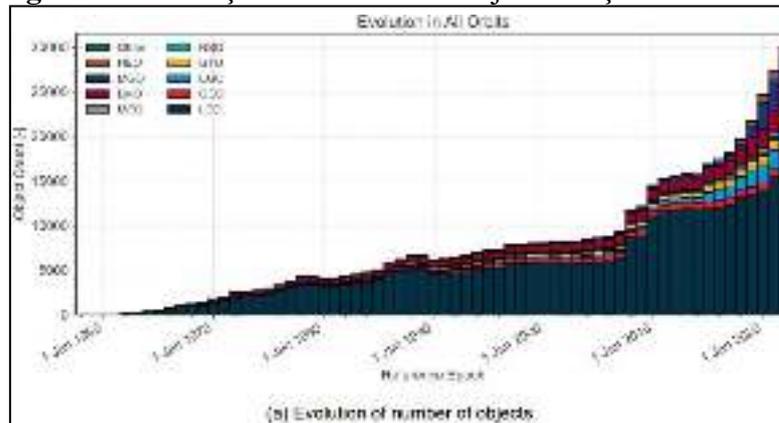
No que se refere aos aspectos metodológicos, a pesquisa tem natureza aplicada, pois gera conhecimento sobre o tema para aplicação prática Gil (2008) voltada à mitigação do problema dos detritos espaciais. Segundo Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa também é exploratória, pois foi feito um levantamento, seleção e análise das informações encontradas por meio de pesquisas bibliográficas e documentais. Além de que, consoante Prodanov e Freitas (2013), é uma pesquisa qualitativa majoritariamente. Ademais, o método científico empregado foi o hipotético-dedutivo, resultando na confirmação das hipóteses levantadas (Gil, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse sentido, foi realizado um processo de comparação entre as informações extraídas dos diferentes instrumentos de pesquisa com a finalidade de fornecer os resultados a seguir.

Em relação à primeira hipótese levantada acerca do excesso de detritos espaciais na órbita baixa terrestre dificulta o exercício do turismo espacial, foi identificado que muitas empresas privadas estão buscando desenvolver veículos suborbitais e orbitais para realizarem voos comerciais regulares, a exemplo das empresas Blue Origin, Boeing, Space X e Virgin Galactic. Conforme Vieira e Edras (2024), os voos suborbitais realizam uma trajetória curvilínea, de modo que a nave atinge a Linha de Kármán (100km) e retorna para a Terra, ocasionando a percepção de gravidade zero aos passageiros. Já os voos orbitais fazem uma trajetória circular dentro das órbitas, sobretudo na órbita baixa da Terra (*Low Earth Orbit – LEO*) que, segundo Sloan (2012), é compreendida pela faixa de altitude entre 160km a 2.000km. Assim, foi visto que, em decorrência da corrida espacial, muitos objetos espaciais foram lançados nas órbitas ao longo dos anos, permanecendo principalmente na região LEO. A Figura 1 mostra a evolução do número de objetos espaciais nas órbitas terrestres durante o período compreendido entre 1960 e 2020. Nota-se que há uma maior aglomeração de objetos na parte em azul escuro.

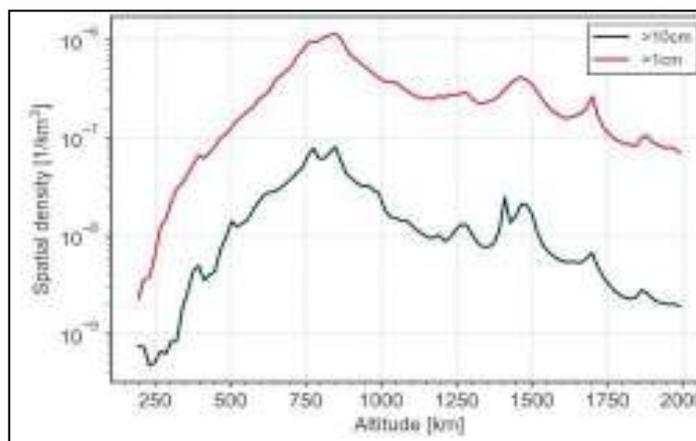
Figura 1 – Evolução do número de objetos lançados em órbita



Fonte: ESA SDO (2023, p. 20)

Assim, foi verificado ainda a existência de vários tamanhos de lixo espacial. De acordo com a NASA (NASA ODPO, 2024) e a ESA (ESA, 2024), o número de detritos espaciais maior que 10cm é entre 25.000 e 36.500, de 1cm a 10cm é entre 500.000 e 1.000.000, e de 1mm a 1cm é entre 100 milhões e 130 milhões. Segundo a NASA ODPO (2024), a maior concentração desses detritos é encontrada na faixa abrangida entre 750km a 1.000km. Assim, a Figura 2 expõe os perfis de densidade com as altitudes correspondentes a diferentes tamanhos de detritos espaciais, respectivamente 10cm em azul escuro e 1 cm em vermelho, considerando apenas a região LEO.

Figura 2 – Perfis de densidade na LEO Fonte: ESA SDO (2023, p.26)



Em consequência disso, os detritos espaciais menores representam um risco maior de colisão com outros objetos espaciais, consoante NASA ODPO (2024), a velocidade média de impacto é de aproximadamente 10km/s, podendo atingir 15km/s, o que corresponde mais de 10 vezes a velocidade de um projétil de arma de fogo. Dessa forma, a possibilidade de colisões entre os veículos orbitais e os detritos espaciais na LEO traz insegurança operacional de voo, podendo ocasionar danos estruturais as naves espaciais e vitimar os tripulantes, o que resulta na confirmação da primeira hipótese.

No que diz respeito à segunda hipótese proposta sobre a falta de interesse dos Estados na remoção dos detritos obstaculiza o desenvolvimento sustentável do espaço, foram encontrados alguns equipamentos que auxiliam no recolhimento e na eliminação dos detritos espaciais, como o *CleanSpace One*, o aerogel, a espuma, a corda eletrodinâmica, a vela solar, braços robóticos, redes, o *RemoveDEBRIS* e o *ELSA-d*.

Esses equipamentos utilizam a técnica de remoção ativa de detritos (*Active debris removal - ADR*) das órbitas terrestres, servindo como uma das estratégias na mitigação *lato sensu* do problema em questão. Segundo Rodrigues (2017, p.159), “uma pesquisa demonstrou que a remoção de pelo menos 100 fragmentos de detritos da LEO reduziria significativamente o risco total de colisão”.

Contudo, a ADR se mostra um grande desafio técnico-econômico para os Estados, pois a fabricação desses equipamentos é bastante cara e requer certos níveis de interação com os detritos espaciais. Além disso, há possibilidade desses equipamentos serem utilizados para fins não pacíficos pelos atores, a exemplo de uma guerra espacial, razão pela qual existe um maior investimento em mecanismos de rastreamento e monitoramento do lixo espacial nos dias atuais.

Em contrapartida, o mercado global de turismo espacial vem crescendo com o passar dos anos, sendo avaliado em 851,4 milhões de dólares só no ano de 2023 (GRAND VIEW RESEARCH, 2024), o que torna evidente o potencial que essa indústria oferece no desenvolvimento de novas tecnologias para tornar as experiências cósmicas acessíveis a todos,

apesar do elevado custo de produção.

Dessa forma, a segunda hipótese trazida na pesquisa é confirmada, uma vez que a remoção de detritos espaciais das órbitas não é economicamente interessante para os Estados se comparado com o mercado lucrativo do turismo espacial.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, observou-se que a corrida tecnológica espacial proporcionou a abertura de mercado para que novos atores do setor privado comesçassem a explorar o espaço exterior e investissem na prestação de serviço de transporte aeroespacial regular de passageiros voltado ao turismo espacial.

Uma vez que as viagens turísticas espaciais se popularizem, será necessário o desenvolvimento de medidas de mitigação dos detritos espaciais, considerando os impactos que podem ocasionar no meio ambiente espacial e na operação dos voos ofertados pelas empresas privadas, a fim de garantir a segurança da tripulação.

Atualmente, as órbitas terrestres se encontram saturadas devido ao acúmulo de detritos espaciais em razão da exploração intensa e desenfreada pelos Estados, ao passo de causar poluição ambiental e seus efeitos serem sentidos a longo prazo por toda humanidade.

A complexidade que é a questão dos detritos espaciais deve ser enfrentada como interesse mundial, cabendo a todos dos setores, público e privado, firmarem acordos de cooperação internacional em prol do desenvolvimento sustentável espacial.

REFERÊNCIAS

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRAND VIEW RESEARCH. **Space Tourism Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Orbital, Sub-orbital), By End-use (Government, Commercial), By Region (North America, Europe, APAC, Latin America, MEA), And Segment Forecasts, 2024 – 2030**. São Francisco: Horizon databook, 2024. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/space-tourism-market-report>. Acesso em: 21 jun. 2024.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

NASA ORBITAL DEBRIS PROGRAM OFFICE. **Frequently asked questions**. NASA, Orbital debris, 2024. Disponível em: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/faq/>. Acesso em: 23 jun. 2024.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RODRIGUES, Felipe. O céu não é o limite...para os riscos tecnológicos-gestão dos riscos tecnológicos dos detritos espaciais. *In*: GOMES, C. A. (org.). **Estudos sobre riscos tecnológicos**. Lisboa: Instituto de Ciências Jurídico-Políticas Centro de Investigação de Direito Público, 2017, p. 80-193.

SLOAN, E. S. **Modern military strategy: An introduction**. Oxon, New York: Routledge, 2012.

THE EUROPEAN SPACE AGENCY SPACE DEBRIS OFFICE. **ESA's Annual Space Environment Report**. 12 set. 2023. Disponível em:
https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf.
Acesso em: 21 jun. 2024.

THE EUROPEAN SPACE AGENCY. **Space debris by the numbers**. ESA, Space safety, 2024. Disponível em:
https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers. Acesso em:
26 maio 2024.

VIEIRA, C. da S.; EDRA, F. P. M. Turismo espacial e as viagens espaciais. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. e4422, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n6-047. Disponível em: <https://ojs.europublications.com/ojs/index.php/ced/article/view/4422>. Acesso em: 21 jun. 2024.