



# A EXPLORAÇÃO DE RECURSOS LUNARES E AS SAFETY ZONES EM FACE DA SUSTENTABILIDADE DAS MISSÕES ESPACIAIS NA LUA: SOB A ÓTICA DOS INSTRUMENTOS DO DIREITO AMBIENTAL INTERNACIONAL

THE EXPLOITATION OF LUNAR RESOURCES AND SAFETY ZONES IN LIGHT OF THE SUSTAINABILITY OF SPACE MISSIONS ON THE MOON: FROM THE PERSPECTIVE OF INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW



*Gabriela Soldano Garcez\**



*Bianca Requena Dominici Ramalho\*\**

## >> Resumo

Com o avanço tecnológico e o início de um ciclo de missões espaciais que visam a exploração de recursos lunares, torna-se latente a necessidade de um regulamento cujo escopo é a proteção ambiental do satélite natural e a sustentabilidade das atividades humanas, tendo em vista que a Lua, patrimônio comum da humanidade, já acumula detritos de missões anteriores e é alvo atrativo para os próximos projetos da sociedade internacional. Nesse sentido, o presente artigo busca relacionar a utilização das safety zones, áreas com um conceito ainda indefinido dentro do direito espacial, mas delimitadas com intuito operacional, como áreas de preservação ambiental, utilizando como paradigma as áreas especialmente

\* Advogada e jornalista diplomada. Pós-graduada em Direito Processual Civil e Direito do Trabalho, pela Universidade Católica de Santos. Mestre em Direito Ambiental (bolsista CAPES) e doutora em Direito Ambiental Internacional (bolsista CAPES), ambas pela Universidade Católica de Santos. Conciliadora capacitada pela Escola Paulista de Magistratura. Pós-doutora pela Universidade Santiago de Compostela/Espanha. Professora da Universidade Católica de Santos.

\*\* Graduanda de Direito pela Universidade Católica de Santos (UNISANTOS) e estudante pesquisadora no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

protegidas e especialmente gerenciadas do Anexo V do Protocolo de Proteção Ambiental pertencente ao Tratado da Antártica.

## >> Palavras-chaves

Direito Espacial; Direito Ambiental; Detritos; Safety Zones; Sustentabilidade.

## >> Abstracto

With technological advances and the beginning of a cycle of space missions aimed at exploring lunar resources, the need for a regulation whose scope is the environmental protection of the natural satellite and the sustainability of human activities becomes latent, given that the Moon, a common heritage of humanity, already accumulates debris from previous missions and is a target for the next projects of international society. In this sense, this paper seeks to relate the use of safety zones, areas with a concept still unclear within space law, but delimited with operational intention, as areas of environmental preservation, using as a paradigm the specially protected and specially managed areas of Annex V of the Environmental Protection Protocol belonging to the Antarctic Treaty.

## >> Keywords

Space Law; Environmental Law; Debris; Safety Zones; Sustainability.

# INTRODUÇÃO

A eminente necessidade de meios sustentáveis para a realização das missões espaciais é uma presente discussão na sociedade internacional, principalmente pelo aumento dos programas de entidades governamentais e dos entes privados. Por conseguinte, o ponto focal de uma parte considerável de tais missões (tal qual o Programa Artemis dos EUA, o Chang'e da China, dentre outros) é a exploração dos recursos lunares (BBC, 2024), e, em determinados casos, a própria habitação humana no satélite natural da Terra (O Globo, 2024).

A Lua possui uma gama de minerais que podem ser extraídos para uso na Terra ou nas próprias bases de missões no solo lunar, sendo rico em potássio, manganês, dentre outros. Com a possibilidade de utilização em sua forma originária ou transformados em matérias elétricas (Tronchetti, 2009). Tais circunstâncias são fontes de extremo interesse de estatais e de empresas privadas na procura de novas fontes energéticas.

Nesta toada, no ano de 2019, foram propostos os *building blocks* pelo Grupo de Trabalho Internacional de Haia para a Governança de Recursos Espaciais (UNOOSA, 2020), estes são elementos que objetivam o enquadramento internacional de atividades que envolvam os recursos espaciais e respectivamente sua extração. Dentro desta construção, há o direito de prioridade do operador em determinada área da Lua mediante a atividade exploratória desenvolvida. Assim, se houver um registro internacional do operador acerca daquela atividade exploratória, este terá a prioridade no que tange ao direito de extrair informações, com o intuito de favorecer toda a sociedade internacional.

O documento elaborado pelo Grupo de Trabalho menciona em seu tópico 11.3 (UNOOSA, 2020) acerca do estabelecimento de zonas de segurança para esta atividade prioritária, sob o pilar principiológico da não-apropriação, que, *a priori* não irá impedir o acesso livre de forma pétrea, sendo estipulado um período de tempo para esta restrição.

Contudo, desde as missões Apollo, a Lua possui um número considerável de resíduos espaciais em sua superfície, além de estar exposta às rotas de colisão de detritos que deambulam no espaço (CNN, 2022). Assim, o enfoque gradual destas missões aumentará a exposição do satélite natural a diversificados componentes e materiais, que, a médio ou a longo prazo, podem ser prejudiciais ao seu ambiente, e, conseqüentemente, à Terra. Sendo de importante destaque o fato de que a radiação na Lua é de duzentas a mil vezes maior do que na Terra, tendo em vista que na Lua esta radioatividade advém de erupções, ventos solares e raios do próprio espaço (Super Interessante, 2020).

Assim, a construção do presente artigo se dividirá em três capítulos. No capítulo I, serão apresentadas as atividades espaciais na Lua (desde o século XX até a atualidade) e os componentes minerais que são de interesse exploratório, bem como o funcionamento dos *building blocks* em tal contexto. Já no capítulo II, o ponto focal será a problemática relacionada à poluição, contaminação e os possíveis danos gerados ao patrimônio comum

da humanidade, bem como a perspectiva futura das extrações minerais. Em finalização, o capítulo III visará a perspectiva da normatividade internacional, em instrumentos de *hard law* e *soft law*, além de inserir a discussão de *safety zones* no contexto do direito internacional com o escopo de solucionar a problemática apresentada.

Tal resolução se prevê na hipótese de implantação das *safety zones* como áreas de preservação ambiental na Lua, com embasamento analógico no Tratado da Antártica e o Anexo V do Protocolo de Proteção ao Meio Ambiente, neste, há a inserção de zonas cuja atividade exploratória é proibida.

Ainda, resta destacar que sob a perspectiva de Héloïse Vertadier e Jessy Kate Schingler (Vertadier, et al. 2023, online) os *building blocks* não devem ser definidos como *safety zones*, mas uma forma de conectá-las ao Tratado do Espaço, com a extensão do conceito, onde o termo sustentabilidade é usado com ênfase na sustentabilidade ambiental, consciência ecossistêmica, proteção planetária e o uso responsável da gestão de recursos.

Como base metodológica para a construção do raciocínio científico foi utilizado o método qualitativo, com pesquisa bibliográfica de doutrinadores da área para a introdução do tema, principalmente Bin Cheng e sua obra *Studies in International Space Law* (1997) como principal precursor da base acadêmica do Direito Espacial, posteriormente acrescentando doutrinadores contemporâneos nacionais e internacionais, análise de instrumentos do direito ambiental internacional e do direito espacial, e artigos jornalísticos para a explicação da problemática atual das missões espaciais (detritos/lixo espacial) em comparativo com os meios de utilização sustentável das tecnologias atuais na Lua.

A base interpretativa será a análise de instrumentos internacionais vinculantes (*hard law*) e não vinculantes (*soft law*) na tentativa de estabelecer um parâmetro quanto à hipótese para a formação da crítica conclusiva.

## 2. AS MISSÕES ESPACIAIS NA LUA

O presente capítulo estabelece uma linha cronológica quanto à “evolução” das missões espaciais realizadas na Lua, utilizando-se primeiramente da própria perspectiva histórica relacionada ao início da corrida espacial do século XX e o enfoque preliminar das potências da época (EUA e URSS) em relação ao satélite. Nesta linha, o segundo objeto do capítulo, que será uma das fontes norteadoras da pesquisa, é a apresentação dos componentes minerais existentes na Lua e o porquê destes serem considerados fontes de tamanha ambição dos entes públicos e privados que participam da corrida espacial contemporânea, também conhecida como a “Nova Corrida Espacial” (UOL, 2024).

Por conseguinte, o capítulo passará a estudar e analisar as atuais missões espaciais na Lua e a capacidade exploratória destas, assim como a existência de missões cujo nível de sustentabilidade é nulo, causando a propagação de resíduos e substâncias tóxicas em solo lunar, e, conseqüentemente, contribuindo para a poluição ambiental no satélite. Tendo um exemplo clássico, a possibilidade de contaminação durante a coleta

do gelo, um recurso descoberto na superfície lunar em missões da última década.

Um relatório, publicado na última semana pela Academia Nacional de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos (NASEM), descreve o impacto que as ações humanas podem ter no recurso, que é considerado volátil. O valor científico é perscrutado para que exista uma compreensão de que a superfície e regiões subterrâneas da Lua devem ser protegidas da contaminação orgânica e biológica (UOL, 2021).

Em finalização, será introduzido o conceito e a origem acerca dos *building blocks*, blocos (ou áreas) criados pelo Working Group de Governança e Recursos Lunares de Haia (UNOOSA, 2020), que, em tese, serão utilizados para a organização da exploração de recursos lunares pelos Estados.

## 2.1. HISTÓRICO DAS MISSÕES ESPACIAIS NA LUA: DO SÉCULO XX ATÉ A ATUALIDADE

O início da corrida espacial se concebeu durante o século XX, na Guerra Fria, que durou entre 1947 e 1989 (National Geographic, 2022), antes deste período já haviam estudos e estruturação básica quanto à astronomia, mas o ensejo de maiores ambições se instituiu a partir do período Pós Segunda Guerra, com a competição tecnológica e territorialista entre os Estados Unidos da América e a União Soviética.

Em meados de 1957, houve a intensificação dos programas espaciais, propiciando ao lançamento do Sputnik I pela União Soviética, o primeiro satélite artificial em órbita terrestre, feito que gerou impacto na sociedade internacional, principalmente quanto à própria confiança dos EUA em seu título, na época, de nação tecnologicamente desenvolvida (Galileu, 2014), além da preocupação referente à possibilidade da militarização do espaço, considerando o contexto conturbado vivido pelas nações.

Desde o ano de 1958 que ambas as nações disputavam o lançamento de sondas, espaçonaves, dentre outros objetos espaciais, com o intuito de alcançarem a Lua. Por conseguinte, em 14 de setembro de 1959, a espaçonave Luna 2, advinda do Programa Luna (URSS), tornou-se a primeira a alcançar a superfície lunar. Em 1966, a Luna 9 apresentou as primeiras imagens do satélite para a Terra, e a Luna 16, em 1970, coletou amostras lunares (BBC, 2019).

Quanto aos EUA, o Programa Apollo teve um início trágico, em 27 de janeiro de 1967, durante um teste solo, os astronautas Gus Grissom, Ed White e Roger Chaffee faleceram por conta de um incêndio na plataforma de lançamento. Após diversificados testes, iniciaram-se os resultados pela Apollo 9, que foi a primeira espaçonave com o módulo lunar, realizando testes ao redor da Terra. Após este êxito, a Apollo 10 levou o módulo lunar para a Lua, articulando o mesmo a 15 mil metros da superfície.. Após o sucesso destas, em 1969, a Apollo 11 era registrada (National Geographic, 2022)

Posteriormente à Apollo 11, os EUA ainda obteve sucesso em outras cinco viagens tripuladas nos anos posteriores, que realizaram experimentos, colheram amostras e, também, testaram uma sonda lunar.

Em um artigo jornalístico, Ian Sample (The Guardian, 2022) informou que durante a vigência do Programa Apollo, existiam lançamentos intencionais na superfície lunar com o intuito de que os aparelhos que estavam no solo do satélite natural monitorassem os impactos causados entre estes e a Lua. Finalizou-se o programa em 1972, com a Apollo 17, após os astronautas Eugene Cernan e Harrison Schmitt terem prosseguido por cerca de 3 dias na superfície lunar (National Geographic, 2022).

Já no século XXI, após a finalização do Programa Apollo, apenas 5 países conseguiram realizar pousos na superfície lunar (BBC, 2024), mas, as missões tripuladas foram concretizadas somente pelos EUA (National Geographic, 2022).

Um marco importante ocorreu no ano de 2013, quando a China por meio da missão Chang'e 3 conseguiu se tornar o terceiro país a realizar um pouso bem sucedido na Lua. E, após seis anos, conseguiu, pela Chang'e 4, pousar no lado oculto do satélite (Forbes, 2024). Posteriormente, a China ainda lançou a Chang'e 5, que coletou amostras lunares e deparou-se com a presença de H<sub>2</sub>O na Lua por meio destas amostras, o H<sub>2</sub>O era somente detectado pelas naves espaciais da NASA e da Índia, mas não em sua forma física (CNN, 2024).

Já em meados de 2023, a Índia, por meio da missão Chandrayaan-3, também pousou com sucesso no lado oculto da Lua, esta localização possui crateras com baixa iluminação solar, o que permite a existência de água congelada abaixo de -248°C. Os resultados das pesquisas atraem os cientistas pela descoberta de componentes relacionados à história do universo (GZH, 2023). Ainda, há o intuito exploratório: “no futuro, moléculas de água poderiam ser quebradas em combustível para foguetes ou em oxigênio para próximos astronautas – à Lua, então, se tornaria “pit-stop” em viagens a Marte e outros planetas (GZH, 2023)”.

O interesse gerado pelas descobertas minerais na Lua também é altamente econômico, ilustrando a presença de agentes não estatais na contemporaneidade e estabelecendo o papel da iniciativa privada nas atividades espaciais.

Em maio de 2023, a empresa de contabilidade PwC estimou que a indústria espacial global valia US\$ 469 bilhões e ultrapassará US\$ 1 trilhão até 2030, à medida que países e empresas usam cada vez mais satélites para manufatura, geração de energia e dados. As próprias estimativas da NASA mostram que os gastos em programas de exploração lunar geraram mais de US\$ 20 bilhões em produção econômica nos Estados Unidos em 2022. A agência já concedeu bilhões de dólares em contratos a empresas privadas, incluindo gigantes estabelecidos como a Lockheed Martin, novos players apoiados por bilionários como SpaceX e Blue Origin, startups como Astrobotic e Intuitive Machines, e a empresa de pesquisa em energia nuclear Zeno Power. “Estamos agora em um ponto de inflexão, onde ideias ante-

riormente confinadas às páginas da ficção científica representam empreendimentos de investimento atraentes”, diz o relatório da PwC (O Globo, 2024).

Por consequência, com a integração cada vez maior de entes privados na exploração espacial e com novos atores no cenário internacional, ocorre a “Nova Corrida Espacial” (Globo, 2024), cujo conceito se desprende da bipolaridade existente na Guerra Fria e apresenta uma realidade globalizada.

Um dos pontos focais desta é a concretização do Programa Artemis, desenvolvido pela NASA, que planejava o retorno da humanidade à Lua em 2025, assim como a longo prazo visa estabelecer uma base lunar para futuras viagens à Marte (National Geographic, 2022). A divisão das missões previa uma missão tripulada de reconhecimento ainda em 2024 (Artemis II), e a missão à Lua (Artemis III) em 2025. Entretanto, houve um atraso no cronograma, e a ida à Lua está prevista para 2026 (CNN, 2024).

A segunda parte da missão, Artemis II, estava programada para ocorrer ainda em 2024 — em um voo tripulado, porém, sem pouso na Lua — e a próxima fase, Artemis III, para 2025 — esta com os astronautas pisando na Lua novamente. No entanto, em janeiro deste ano, a Nasa anunciou atrasos no cronograma da missão. De acordo com a agência espacial, Artemis II não deve decolar antes de 2025. Estima-se que a jornada dure cerca de dez dias e envie a tripulação para além da Lua, potencialmente mais longe do que qualquer ser humano já viajou na história, embora a distância exata ainda não tenha sido determinada. Depois de circular a Lua, a espaçonave retornará à Terra para um pouso no Oceano Pacífico. Isto resulta no atraso da missão Artemis III, que não ocorre antes de setembro de 2026, segundo estimativa da Nasa (CNN, 2024).

O projeto desenvolvido pela NASA possui a participação de entidades privadas, como a SpaceX, que está desenvolvendo o Starship, sistema de foguetes e espaçonaves responsável por, futuramente, transportar os astronautas ao polo sul da Lua (CNN, 2024). Assim, conforme exposto anteriormente, com o aumento de participantes na corrida espacial contemporânea, é eminentemente necessário o planejamento básico de normas de conduta em prol da sustentabilidade destas missões.

Um ponto importante entregue pelo Programa Artemis foram os Acordos Artemis, instrumento multilateral entre Estados que estabelece *guidelines* principiológicas para a exploração espacial da Lua.

NASA, in coordination with the U.S. Department of State and seven other initial signatory nations, established the Artemis Accords in 2020. With many countries and private companies conducting missions and operations around the Moon, the Artemis Accords provide a common set of principles to enhance the governance of the civil exploration and use of outer space. The Artemis Accords reinforce the commitment by signatory nations to the Outer Space Treaty, the Registration Convention, the Rescue and Return Agree-

ment, as well as best practices and norms of responsible behavior for civil space exploration and use (NASA, 2024)<sup>1</sup>

Entretanto, o aumento de missões espaciais cujo fulcro principal é a exploração dos recursos minerais existentes na Lua, tornam-se de alta periculosidade pela regulamentação escassa existente no cenário internacional (Globo, 2024), principalmente no que tange à proteção ambiental.

Dentre os exemplos contemporâneos de falhas existentes, há de se citar o ocorrido em 2022, quando um pedaço de foguete, que os astrônomos acreditam ser da Chang'e 5-T1, missão chinesa lançada em 2014, caiu na superfície lunar por meio de uma rota de colisão, dando início à preocupação dos astrônomos para a possível piora dessa circunstância pelo aumento das atividades à Lua (National Geographic, 2022).

A exploração lunar está voltando a aumentar – humanos estão mais uma vez planejando bases lunares, seja na superfície do satélite ou em sua órbita. Empresas privadas e um punhado de nações já enviaram missões para a Lua. E mesmo que essa colisão em particular não seja grande coisa, a próxima pode ser (National Geographic, 2022)

Destaca-se também a queda da missão russa Luna-25 na superfície lunar dias antes do sucesso da Chandrayaan-3, e do módulo lunar, Hakuto-R, pertencente à ispace, empresa japonesa (Galileu, 2023), que se tornaram resíduos na Lua.

Conseqüentemente, pelo intuito exploratório estar no auge das missões contemporâneas, resta evidente pelo contexto histórico apresentado, que medidas sustentáveis são necessárias para a proteção ambiental da Lua, considerada patrimônio comum da humanidade.

## 2.2. COMPONENTES MINERAIS EM SOLO LUNAR.

Fabio Tronchetti aduz, na obra “Handbook of Space Law” (2015, p. 769), que a aspiração humana relacionada à utilização de material extraterrestre está cada vez mais próxima, tendo em vista que tanto os Estados quanto os entes privados possuem planos ambiciosos envolvendo a extração e utilização de recursos que se encontram nos corpos celestiais. Alguns dos materiais já descobertos, são, *in verbis*:

The lunar crust offers a variety of primary elements, including uranium, thorium, potassium, oxygen, silicon, magnesium, iron, titanium, calcium, aluminium and hydrogen.<sup>3</sup> In addition, the lunar soil preserves platinum-group metals – such as platinum, palladium, osmium, and iridium; highly valuable commodities used in medical devices, renewable

<sup>1</sup> No original. Tradução livre: “A NASA, em coordenação com o Departamento de Estado dos EUA e sete outras nações signatárias iniciais, estabeleceu os Acordos de Artemis em 2020. Com países e empresas privadas conduzindo missões e operações ao redor da Lua, os Acordos de Artemis fornecem um conjunto comum de princípios para aprimorar a governança da exploração civil e uso do espaço sideral. Os Acordos de Artemis reforçam o compromisso das nações signatárias com o Tratado do Espaço Sideral, a Convenção de Registro, o Acordo de Resgate e Retorno, bem como as melhores práticas e normas de comportamento responsáveis pela exploração e uso do espaço civil.”

energy products, catalytic converters, and, potentially, automotive fuel cells (Tronchetti, 2015, p. 771).<sup>2</sup>

Ainda, estudos científicos atuais estão indicando de forma significativa que a superfície lunar é coberta de “regolito lunar”, o conteúdo deste advém de um processo natural, considerando que as rochas lunares são expostas à radiação solar e cósmica, além de “vento solar” (Tronchetti, 2015, p. 771).

O “vento solar” é composto de elétrons, prótons e partículas alfa (ionização entre Hélio-3 e Hélio-4). Conforme explicado por Fabio Tronchetti (Tronchetti, 2015, p. 771), quando estas partículas atingem a superfície lunar, ficam fixadas nos cristais de regolito. Assim, estima-se que na área localizada como “*Mare Tranquillitatis*”<sup>3</sup> contém, ao menos, 10.000 toneladas métricas de Hélio-3, cuja utilização é do mais alto interesse de governos e entidades privadas, pois pode ser um gerador de energia. Conforme explicação a seguir:

Helium-3 is thus often referred to as the first likely object of governmental and private interest, as it would have the potential to substitute fossil fuels as the main source of energy on earth. It is argued that 370 metric tons of Helium-3 would be able to supply mankind with energy for an entire year. Chemically speaking, Helium-3 is a single neutron helium isotope that is not radioactive, and when bombarded with neutrons could interact with electromagnetic forces applied in the fusion process (Tronchetti, 2015, p. 771-772).<sup>4</sup>

Em janeiro de 1994, Clementine, uma sonda espacial desenvolvida pela NASA para realizar pesquisas acerca dos minérios em solo lunar, apresentou imagens multiespectrais globais da Lua, com a utilização de comprimentos de ondas visíveis e infravermelhos, escolhidos pela sensibilidade aos minérios lunares (Nozette et al., 1995; McEwen and Robinson, 1997 apud Lucey, 2004). Por meio desta tecnologia, foram encontrados os minerais de silicato presentes em sua superfície (Tompkins and Pieters, 1999 apud Lucey, 2004). Já a presença da ilmenita foi presumida pela relação empírica entre a cor do satélite e o conteúdo dos basaltos lunares (e.g., Giguere et al., 2000 apud Lucey, 2004).

Em adendo, conforme citado no tópico anterior, a Lua possui reservas de água, confirmadas por diversas missões científicas de exploração, como a “Lunar Crater Observation and Sensing Satellite” da NASA, confirmou que a água é encontrada em algumas localizações do satélite na forma de cristais de gelo (Tronchetti, 2015, p. 772).

<sup>2</sup> No original. Tradução livre: “A crosta lunar possui uma variedade de elementos primários, incluindo urânio, tório, potássio, oxigênio, silício, magnésio, ferro, titânio, cálcio, alumínio e hidrogênio. Além disso, o solo lunar preserva metais do grupo da platina – como platina, paládio, ósmio e irídio; commodities altamente valiosas usadas em dispositivos médicos, produtos de energia renovável, conversores catalíticos e, potencialmente, células de combustível automotivas”.

<sup>3</sup> Localização considerada anteriormente um oceano na Lua, é o território ideal para aterrissagens tripuladas devido aos campos relativamente suaves de lavas basálticas e o posicionamento equatorial (NASA, s/d).

<sup>4</sup> No original. Tradução livre: “O Hélio-3 é, portanto, comumente referido como o primeiro provável objeto de interesse governamental e privado, pois teria o potencial de substituir combustíveis fósseis como a principal fonte de energia na Terra. Argumenta-se que 370 toneladas métricas de Hélio-3 seriam capazes de fornecer energia à humanidade por um ano inteiro. Quimicamente falando, o Hélio-3 é um único isótopo de hélio de nêutron que não é radioativo e, quando bombardeado com nêutrons, poderia interagir com forças eletromagnéticas aplicadas no processo de fusão”.

As regiões permanentemente sombreadas (PSRs) no polo sul da Lua representam um dos locais mais intrigantes e promissores para a exploração lunar. Essas áreas, onde a luz solar nunca atinge, criam armadilhas frias que podem preservar voláteis, como a água, por bilhões de anos. A existência de água nessas regiões é de extrema importância para futuras missões espaciais, pois pode ser convertida em recursos vitais, como água potável, oxigênio e até mesmo combustível para foguetes (Space Today, 2024).

Desta forma, tais recursos encontrados podem ser objetos de mineração do satélite e propagadores de uma evolução significativa para as tecnologias terrestres, de forma a impulsionar o interesse de entidades estatais e privadas para tal exploração.

## 2.3. A EXPLORAÇÃO DE RECURSOS LUNARES

Há um enfoque especial relacionado à remoção de recursos da superfície lunar para a produção energética na Terra, tendo em vista que os combustíveis fósseis são finitos, com uma estimativa de trinta ou quarenta anos, e mesmo com as energias hidrelétricas, nucleares, solares, dentre outras, foi demonstrado que os recursos advindos da Lua e de outros corpos celestes são capacitados a melhores resultados na geração energética, devido à sua qualidade e quantidade (Tronchetti, 2009, p. 1-2).

Entretanto, apesar da perspectiva crescente desta exploração, ainda não houve um início propriamente dito da exploração mineral dos recursos lunares, trata-se da consequência de ainda não existir um regime jurídico fortificado que estabeleça parâmetros em tais atividades (Tronchetti, 2009, p. 3).

A maioria dos tratados de Direito Espacial não possuem artigos que especificam ou estabeleçam regras na utilização dos recursos espaciais, além de não existirem quaisquer formas de regimes, atualmente, que tenham sido aceitos pela maioria dos Estados (Tronchetti, 2009, p. 3-4).

Um exemplo é o próprio Acordo da Lua (1979, UNOOSA), tratado criado com o objetivo de regular o uso científico e comercial da Lua e de outros corpos celestes, entretanto, este não possui interposições direcionadas à exploração de materiais extraterrestres *per se*. Aliás, este é um tratado não ratificado por grande parte das nações que realizam atividades espaciais, e possui alto índice de rejeição pelos Estados (Tronchetti, 2009, p. 4).

Assim, a utilização de recursos lunares possui uma projeção robusta e missões pré-estabelecidas, contudo, carece de regime jurídico próprio, motivo pelo qual permanece na base de estudos científicos e não exploratórios.

### 2.3.1. BUILDING BLOCKS: CONCEITO E FUNCIONAMENTO

Os *building blocks* foram criados pelo The Hague International Space Resources Governance Working Group, um grupo de trabalho específico para atender a necessidade de um diálogo multilateral entre membros da

sociedade internacional para traçar e desenvolver ferramentas que possibilitem as atividades de extração dos recursos espaciais, de forma a não prejudicar a eficácia dos atuais instrumentos do Direito Espacial (COPUOS, 2020).

O principal objetivo dos *building blocks* é a composição de um ambiente de exploração dos recursos espaciais que seja inclusivo, atendendo aos interesses e beneficiando a todos os países e a humanidade em seu todo, assim como a regulação a conduta dos Estados, organizações internacionais e entes não governamentais (COPUOS, 2020).

Para atingir esta meta, o instrumento apresentado procura: a) identificar e definir a relação entre o direito espacial internacional e as atividades de recursos espaciais em conjunto com os tratados de direito espacial, b) propor recomendações para que os Estados considerem como aplicações ou desenvolvimento de instrumentos internos, c) propor recomendações para que as organizações internacionais considerem como aplicações ou desenvolvimento de instrumentos internos e d) promover a identificação das melhores práticas para os Estados, organizações internacionais e entes não governamentais (COPUOS, 2020).

Destaca-se que trata-se de uma *framework*, ou seja, uma composição estrutural formada pela sociedade internacional, assim, é *soft law*, não vinculante, e, desta forma, não obriga os Estados e seus entes privados ao seguimento. Entretanto, é o ponto inicial da regulamentação das atividades exploratórias de recursos espaciais encontrados nos corpos celestes (The Hague Working Group, 2019).

### 3. A POLUIÇÃO NO MEIO AMBIENTE LUNAR E A NECESSIDADE DE PROGRAMAS SUSTENTÁVEIS

No tópico 1.1. foi apresentada uma sintética linha temporal de missões espaciais, principalmente em relação àquelas que focam na Lua, entretanto, desde os projetos pioneiros (habitados, como o Programa Apollo, e os inabitados) a humanidade descartou cerca de 180.000 kg de resíduos no solo lunar, tais quais destroços de sondas, veículos espaciais, robôs, martelo, pena de falcão, bolas de golfe, detritos, dentre outros (Aventuras na História, 2019).

There is an abundance of technical junk there, too. The Apollo landing sites are littered with cameras, power packs, tongs, drills, towels, brushes, rakes and trenching tools, and scientific experiments that measured dust, seismic vibrations and the solar wind. Some of the artefacts still serve a scientific purpose. Retroreflectors installed on the moon by the Apollo astronauts and the Lunokhod 1 and 2 missions have been used to measure the Earth-moon distance with laser beams for the past 50 years (The Guardian, 2019).<sup>5</sup>

<sup>5</sup> No original. Tradução livre: “Também há uma abundância de lixo técnico lá. Os locais de pouso da Apollo estão repletos de câmeras, unidades de energia, pinças, furadeiras, toalhas, escovas, ancinhos e ferramentas de abertura de valas, além de experimentos científicos que mediram poeira, vibrações sísmicas e o vento solar. Alguns dos artefatos ainda servem a um propósito científico.

Um tema de debate na sociedade internacional é sobre a patrimonialização de determinados artefatos que se encontram na Lua, com alguns países, como os EUA, indicando-os como patrimônio histórico nacional (CNN, 2025).

É de suma importância sustentar que dentre as preocupações da comunidade científica está o próprio perigo à conservação dos artefatos históricos em relação à corrida espacial contemporânea, pois existem atividades realizadas sem um protocolo adequado de preservação, principalmente após o ingresso do setor privado na área espacial (CNN, 2025).

Segundo Edward O. Wilson (Wilson apud Sarlet, 2021, p. 119), “somos uma quimera evolutiva, vivendo com base na inteligência dirigida pelas exigências do instinto animal. Por esse motivo, estamos descuidadamente destruindo a biosfera e, com isso, nossas próprias perspectivas de existência permanente”.

Trata-se da crise ecológica que atualmente ocorre no contexto mundial, resultado de atividades humanas que esgotam e degradam os recursos naturais (Sarlet, 2021, p. 123), surgindo a necessidade de atos praticados em consonância ao princípio do desenvolvimento sustentável.

Este princípio contempla as dimensões humana, física, econômica, política, cultural e social em harmonia com a proteção ambiental, pois o desenvolvimento sustentável é aquele que busca atender aos anseios do presente, tentando não comprometer a capacidade e o meio ambiente das gerações futuras (Trennepohl, 2020, p. 64).

Assim, é essencial a prática do desenvolvimento sustentável nas atividades espaciais, tendo em vista que a própria Lua, como um patrimônio comum da humanidade, poderá ser afetada em sua constituição mineral se não houver uma eficácia nos instrumentos do direito espacial quanto à sua proteção ambiental.

Em conjunto com o princípio supramencionado, também são destacados os princípios ambientais da precaução e da prevenção, indicando os estudos que, conforme os tópicos a seguir, estabelecem a possibilidade prática ou não de atividades de acordo com a esfera de contaminação.

### 3.1. DANOS GERADOS PELA CONTAMINAÇÃO DO AMBIENTE LUNAR

É de alta relevância o entendimento quanto à composição do meio ambiente lunar apresentada no tópico 1.2, para que consigamos estabelecer a perspectiva de contaminação relacionada às atuais e futuras missões. Destaca-se que o nível de radiação na Lua é extremamente alto em relação à Terra, que possui blindagem magnética e atmosférica (Reitz. Berger. Matthiae, 2012).

Um estudo publicado no *The Planetary Science Journal* citou que as aterrissagens do Starship na Lua podem contaminar os depósitos de água existentes no satélite, pois a introdução de água exógena no material já Retrorrefletores instalados na Lua pelos astronautas Apollo e pelas missões Lunokhod 1 e 2 têm sido usados para medir a distância Terra-Lua com raios laser nos últimos 50 anos.”

existente dos regolitos, através de plumas de exaustão dos foguetes pode comprometer a capacidade de estudo dos cientistas devido à dificuldade de distinção da água nativa em relação à água introduzida pelas atividades humanas (Space Today, 2024).

Em meados de 2019 ocorreu uma prática de contaminação lunar pela sonda israelense Beresheet, que introduziu no solo lunar milhares de tardígrados, animais microscópicos e resilientes a quaisquer ambientes. Esta prática provocou a reação de especialistas em astrobiologia, que consideraram uma fonte de contaminação do ambiente lunar, tendo em vista que a consequência deste ato é desconhecida, possibilitando danos à Lua e às futuras missões (O Globo, 2019).

Assim, os relatos de contaminação nos presentes tópicos em contato com a própria composição lunar são possibilidades de danos atuais e futuros ao meio ambiente lunar e às próprias pesquisas científicas.

Um exemplo conhecido de projeto científico e exploratório é o próprio Programa Ártemis, que propõe o estabelecimento de uma base lunar, na região do polo sul do satélite, que necessitará de três elementos:

1. Plataforma de movilidad habitable: denominada *Habitable Mobility Platform* (HMP), será un tipo de rover presurizado que tendrá el doble propósito de servir como módulo de vivienda y como vehículo de desplazamiento de largas distancias. Este permitirá ampliar las distancias recorridas y llegar a lugares nunca antes visitados para su exploración y la consecución de fuentes de recursos Lunares (GÓMEZ, Édgar Leonardo Gómez; RUIZ, Laura Camila, 2021).<sup>6</sup>

2. Vehículo despresurizado para el terreno Lunar: denominado *Lunar Terrain Vehicle* (LTV), es un elemento para transportar astronautas por la superficie mientras están usando su traje presurizado. Las distancias por recorrer son más cortas que las del HMP, ya que la supervivencia de sus pasajeros dependerá exclusivamente de sus trajes. Tendrá la capacidad de ser operado a distancia, lo que le permitirá también ser un vehículo para el transporte de carga y recursos (GÓMEZ, Édgar Leonardo Gómez; RUIZ, Laura Camila, 2021).<sup>7</sup>

3. Hábitat de superficie: denominado *Foundation Surface Habitat* (FSH), tendrá la capacidad para albergar a cuatro personas hasta por 60 días. Al ser los primeros módulos de vivienda implementados, se constituyen en un elemento fundamental para que se establezca una presencia humana permanente en el polo sur Lunar, al tiempo que se

<sup>6</sup> No original. Tradução livre: “Plataforma de Mobilidade Habitável: chamada de Plataforma de Mobilidade Habitável (HMP), será um tipo de rover pressurizado que terá a dupla finalidade de servir como módulo habitacional e como veículo de viagens de longa distância. Isso permitirá ampliar as distâncias percorridas e alcançar lugares nunca antes visitados para exploração e obtenção de fontes de recursos lunares”

<sup>7</sup> No original. Tradução livre: “Veículo de Terreno Lunar Não Pressurizado: chamado de Veículo de Terreno Lunar (LTV), é um elemento para transportar astronautas na superfície enquanto eles estão vestindo sua roupa de pressão. As distâncias a serem percorridas são menores que as do HMP, já que a sobrevivência de seus passageiros dependerá exclusivamente de seus trajes. Terá a capacidade de ser operado remotamente, o que também lhe permitirá ser um veículo de transporte de carga e recursos”

va aprendiendo de esta experiencia para la planeación de misiones a lugares más alejados del sistema solar (GÓMEZ, Édgar Leonardo Gómez; RUIZ, Laura Camila, 2021).<sup>8</sup>

Com um projeto deste nível, de suma importância é a segurança ambiental das áreas utilizadas e, conseqüentemente, dos próprios integrantes humanos destas missões, urgindo uma instrumentação protetiva que seja eficaz.

## 3.2. PERSPECTIVA FRENTE AOS ATUAIS E FUTUROS PROGRAMAS.

Ressalta-se que desde o lançamento dos primeiros satélites, os cientistas já se preocupavam em relação às problemáticas ambientais causadas pelo lixo espacial (CNN, 2024).

Com o aumento dos satélites, a humanidade se torna cada vez mais dependente da tecnologia espacial, o Centro Espacial EPFL do Instituto Federal Suíço de Tecnologia de Lausanne foi selecionado para liderar e operar o SSR (Classificação de Sustentabilidade Espacial), um certificado de sustentabilidade criado para mitigar os efeitos nocivos do excesso de missões espaciais no meio ambiente (Forbes, 2021).

Entretanto, o certificado não gera impedimento para as atividades praticadas, e devido a esse fator ainda há uma preocupação considerável entre cientistas quanto ao aumento do setor privado e das missões que são feitas sem um protocolo concreto de sustentabilidade e com procedimentos duvidosos para a concretização das pesquisas (CNN, 2025).

E, sendo o patrimônio humanitário de maior importância no contexto do presente artigo, o próprio meio ambiente lunar é e será um dos mais afetados pelo aumento crescente de missões que almejam a sua extração de recursos, considerando a sua riqueza em biologia mineral apresentada no tópico 1.2 e o alto risco de contaminação pelas missões que não possuem protocolos salubres.

## 4. PREVISÕES DO DIREITO ESPACIAL E INTERNACIONAL

Na atualidade o Direito Espacial já é uma área jurídica e acadêmica autônoma, mas o seu surgimento advém do direito internacional, em decorrência deste posicionamento, o seu regramento é basilarmente tratadista, com instrumentos de *hard law* (vinculantes) e de *soft law* (não vinculantes).

No presente tópico de estudos, serão analisados os pontos principais no que concerne à proteção ambiental em relação aos tratados de direito espacial, harmonizando-os com o tratado da Antártica e o conceito de zonas de exploração, intuindo uma perspectiva “*in dubio pro natura*” para a diligência de possíveis controvérsias.

<sup>8</sup> No original. Tradução livre: “Habitat de superfície: denominado Foundation Surface Habitat (FSH), terá capacidade para abrigar quatro pessoas por até 60 dias. Sendo os primeiros módulos habitacionais implementados, constituem um elemento fundamental para estabelecer uma presença humana permanente no pólo sul lunar, aprendendo desta experiência para o planejamento de missões a locais mais distantes do sistema solar”

## 4.1. PREVISÃO DO TRATADO DO ESPAÇO.

O tratado do espaço foi ratificado em 1967, surgindo da necessidade para se determinar, na época, o status legal dos corpos celestes antes da chegada da humanidade à Lua, além de basear-se em um acordo tácito entre as nações para a não ocorrência de atividades militares e apropriação territorial (Cheng, p. 259, 1997).

Desta forma, em que pese no artigo 1 do instrumento, seja permitida a livre exploração da Lua e dos demais corpos celestes, economicamente ou cientificamente, estas atividades devem ser em benefício de toda a humanidade (OST, 1967).

Sendo expressa em seu artigo 2 a proibição de quaisquer formas de apropriação, ocupação ou soberania no espaço, incluindo a Lua e os demais corpos celestes (OST, 1967).

Segundo o jurista Bin Cheng (p. 269, 1997), o espaço e, respectivamente, seus corpos celestes, são considerados *Res Extra Commercium*, ou seja, não são alvos de qualquer possibilidade de colonialismo, sendo tal fato, intimamente relacionado à sua livre exploração.

Entretanto, esta “livre exploração” não deve ser ilimitada em seus atos, considerando o conteúdo do artigo 9 do tratado do espaço:

In the exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies, States Parties to the Treaty shall be guided by the principle of cooperation and mutual assistance and shall conduct all their activities in outer space, including the moon and other celestial bodies, with due regard to the corresponding interests of all other States Parties to the Treaty. States Parties to the Treaty shall pursue studies of outer space, including the moon and other celestial bodies, and conduct exploration of them so as to avoid their harmful contamination and also adverse changes in the environment of the Earth resulting from the introduction of extraterrestrial matter and, where necessary, shall adopt appropriate measures for this purpose. If a State Party to the Treaty has reason to believe that an activity or experiment planned by it or its nationals in outer space, including the moon and other celestial bodies, would cause potentially harmful interference with activities of other States Parties in the peaceful exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies, it shall undertake appropriate international consultations before proceeding with any such activity or experiment. A State Party to the Treaty which has reason to believe that an activity or experiment planned by another State Party in outer space, including the moon and other celestial bodies, would cause potentially harmful interference with activities in the peaceful exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies, may

request consultation concerning the activity or experiment (OST, 1967).<sup>9</sup>

Assim, é dever que os Estados-parte do tratado pratiquem suas atividades espaciais com a devida cautela (*due regard*) para atenderem aos interesses de todos, devendo evitar missões que causem possíveis danos e contaminação ao ambiente terrestre (OST, 1967).

## 4.2. O ACORDO DA LUA E A TENTATIVA DE REGULAMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES ESPACIAIS EM SOLO LUNAR

O Acordo da Lua foi ratificado em 1979 e inaugurou o conceito da Lua como um “patrimônio comum da humanidade”, entretanto, dentre os cinco tratados de direito espacial, é o que possui menor número de Estados-parte, tal fato ocorre pois há a crença entre os juristas de que este instrumento possui conceitos ambíguos e contraditórios (Cheng, p. 420, 1997). Por meio deste tratado, há o reconhecimento do papel da Lua no que tange à exploração espacial, tendo em vista ser o satélite natural da Terra (Verschoor; Kopal, p. 52, 2008).

Iniciando-se a análise tratadista no que tange ao tema discutido, em seu artigo 3º, há a exclusividade do uso da Lua somente para propósitos pacíficos, sendo proibida qualquer forma de atos de força ou hostilidade dos Estados-parte enquanto explorarem e utilizarem os seus recursos (Moon Agreement, 1979).

Esta exclusividade também possui relação com o artigo 11, que estabelece que a Lua e os demais corpos celestes são patrimônio de uso comum da humanidade, não sendo sujeita a quaisquer formas de apropriação territorial, seja pública ou privada (Moon Agreement, 1979).

No artigo 5 é estabelecida a obrigatoriedade dos Estados-parte em informar o Secretário Geral das Nações Unidas, assim como a sociedade científica internacional quanto às atividades relacionadas à exploração e uso da Lua, demonstrando a extensão de suas práticas (Moon Agreement, 1979).

Por conseguinte, o artigo 7 reitera o conteúdo do artigo 9 do Tratado do Espaço, *in verbis*:

<sup>9</sup> No original. Tradução livre: “Na exploração e utilização do espaço exterior, incluindo a Lua e outros corpos celestes, os Estados Partes no Tratado serão guiados pelo princípio da cooperação e assistência mútua e conduzirão todas as suas atividades no espaço exterior, incluindo a Lua e outros corpos celestes, com a devida consideração pelos interesses correspondentes de todos os outros Estados Partes no Tratado. Os Estados Partes no Tratado realizarão estudos do espaço exterior, incluindo a Lua e outros corpos celestes, e conduzirão a sua exploração de modo a evitar a sua contaminação prejudicial e também alterações adversas no ambiente da Terra resultantes da introdução de matéria extraterrestre e, quando necessário, adotarão medidas apropriadas para este fim. Se um Estado Parte no Tratado tiver razões para acreditar que uma atividade ou experimento planejado por ele ou seus nacionais no espaço exterior, incluindo a Lua e outros corpos celestes, causaria interferência potencialmente prejudicial com as atividades de outros Estados Partes na exploração pacífica e utilização do espaço exterior, incluindo a Lua e outros corpos celestes, deverá realizar consultas internacionais apropriadas antes de prosseguir com qualquer atividade ou experimento. Um Estado Parte do Tratado que tenha motivos para acreditar que uma atividade ou experimento planejado por outro Estado Parte no espaço sideral, incluindo a Lua e outros corpos celestes, causaria interferência potencialmente prejudicial às atividades de exploração e uso pacíficos do espaço sideral, incluindo a Lua e outros corpos celestes, pode solicitar consulta sobre a atividade ou experimento”.

1. In exploring and using the moon, **States Parties shall take measures to prevent the disruption of the existing balance of its environment, whether by introducing adverse changes in that environment, by its harmful contamination through the introduction of extra-environmental matter or otherwise.** States Parties shall also take measures to avoid harmfully affecting the environment of the earth through the introduction of extraterrestrial matter or otherwise.

2. States Parties shall inform the Secretary-General of the United Nations of the measures being adopted by them in accordance with paragraph 1 of this article and shall also, to the maximum extent feasible, **notify him in advance of all placements by them of radioactive materials on the moon and of the purposes of such placements.**

3. States Parties shall report to other States Parties and to the Secretary-General **concerning areas of the moon having special scientific interest in order that, without prejudice to the rights of other States Parties, consideration may be given to the designation of such areas as international scientific preserves for which special protective arrangements are to be agreed upon in consultation with the competent bodies of the United Nations.**<sup>10</sup>

Os acréscimos em relação ao Tratado do Espaço, pois o artigo citado acima determina a notificação ao Secretário Geral da ONU sobre a utilização de materiais radioativos na Lua e o propósito destas, surgindo, porventura, os primeiros parâmetros dos *building blocks*, considerando que é citado em seu terceiro parágrafo quanto a obrigação dos Estados-parte informarem ao Secretário Geral as áreas de interesse exploratório (Moon Agreement, 1979).

De importante destaque é a parte final do parágrafo 3°, que estabelece a consideração de algumas áreas para proteção especial pelo interesse científico da sociedade internacional (Moon Agreement, 1979). Já o artigo 9° cita que os Estados-parte podem instituir estações tripuladas e não tripuladas na Lua, entretanto, o Estado somente deverá utilizar a área a qual requereu a estação, devendo transmitir os dados para o Secretário Geral das Nações Unidas e permanecer informando caso haja mudanças, não podendo impedir o acesso livre para todas as áreas da Lua (Moon Agreement, 1979).

<sup>10</sup> No original. Tradução livre: “1. Ao explorar e utilizar a Lua, os Estados Partes tomarão medidas para evitar a perturbação do equilíbrio existente em seu meio ambiente, seja pela introdução de alterações adversas nesse meio ambiente, seja pela sua contaminação prejudicial pela introdução de matéria extra ambiental ou por outros meios. Os Estados Partes também tomarão medidas para evitar danos ao meio ambiente da Terra pela introdução de matéria extraterrestre ou por outros meios. 2. Os Estados Partes informarão o Secretário-Geral das Nações Unidas sobre as medidas que estejam adotando em conformidade com o parágrafo 1 deste artigo e, na medida do possível, notificarão previamente sobre todos os lançamentos de materiais radioativos na Lua e sobre os propósitos de tais lançamentos. 3. Os Estados Partes informarão os outros Estados Partes e o Secretário-Geral sobre áreas da Lua com especial interesse científico, a fim de que, sem prejuízo dos direitos de outros Estados Partes, seja considerada a designação dessas áreas como reservas científicas internacionais para as quais serão acordados acordos especiais de proteção em consulta com os órgãos competentes das Nações Unidas.”

Conforme os artigos supramencionados e outras previsões do Acordo da Lua, resta cristalino que em seu conteúdo há uma presença fiscalizadora das Nações Unidas em relação às atividades espaciais. Por este motivo, que na época de sua ratificação, os Estados Unidos da América e União Soviética não se tornaram Estados-parte, e, apesar do instrumento ter atingido um quórum mínimo, grande parte dos Estados ativos em missões espaciais não o ratificaram (Verschoor; Kopal, p. 52, 2008).

Tal circunstância pode ser alterada pelo advento dos Acordos Ártemis, que em determinadas matérias buscou conceitos do Acordo da Lua e já possui a vinculação de 54 nações, também inserindo a sustentabilidade como o escopo destas missões (NASA, 2025).

### 4.3. TRATADO DA ANTÁRTIDA E O PROTOCOLO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE MADRI (ANEXO V).

O Tratado da Antártida institui que a localização não pode ser objeto de soberania estatal ou território privativo, não sendo permitida a realização de atividades de cunho militar, tão somente as de pesquisa científica (Antarctic Treaty, 1959).

Em seus 14 artigos, o Tratado da Antártica:

- a) estipula que a Antártica só pode ser utilizada para propósitos pacíficos, proibindo atividades militares, como o estabelecimento de bases militares ou testes de armamento;
- b) garante a liberdade para a continuidade da pesquisa científica, conforme ocorrido no AGI;
- c) promove cooperação científica internacional, incluindo a troca de informações sobre pesquisa e pessoal, exigindo que todos os resultados sejam disponibilizados livremente;
- d) proíbe novas reivindicações territoriais;
- e) proíbe explosões nucleares e a eliminação de detritos radioativos no local;
- f) prevê inspeções, a serem realizadas por observadores nomeados por qualquer um dos países membros, em navios, estações e equipamentos na Antártica, para garantir o cumprimento do Tratado;
- g) exige que países membros divulguem antecipadamente o plano de atividade de suas expedições;
- h) prevê reuniões periódicas entre seus membros para analisar medidas que possam contribuir com os objetivos do Tratado; e

i) estabelece mecanismos de solução de controvérsias e a possibilidade de emendas ao Tratado (Marinha do Brasil, 2016, p. 3)

Atualmente, o Tratado da Antártica possui 57 Estados-Parte e somente 12 ratificações (EUA, 2025), destaca-se que a construção do tratado da Antártida é similar à do Tratado do Espaço e do Acordo da Lua, entretanto, apresenta a mesma problemática deste último, com quórum baixo de ratificações.

Em 1991, houve a criação do Protocolo de Proteção Ambiental, anexo ao Tratado da Antártica, que visa à proteção integral do continente durante, ao menos, 50 anos. O Protocolo, ainda, concedeu à Antártica o status de “Reserva Natural Internacional dedicada à Ciência e a Paz”, e, por seu intermédio, houve a criação do Comitê para a Proteção Ambiental (CPA), formado por peritos que se reúnem anualmente para a emissão de recomendações apresentadas na Reunião das Partes Consultivas do Tratado da Antártica, conhecida como ATCM (Marinha do Brasil, 2016, p. 5).

O Anexo V do Protocolo de Proteção Ambiental estabelece áreas no continente da Antártica que podem ter as atividades proibidas, restringidas ou gerenciadas. Denominadas “Áreas Especialmente Protegidas” e “Áreas Especialmente Gerenciadas”.

As áreas especialmente protegidas estão previstas no artigo 3 do Anexo V, e pode ser qualquer área, inclusive marinha, cuja designação principal é a proteção de valores ambientais, científicos, históricos, estéticos, naturais e de vidas selvagens excepcionais, assim como qualquer combinação desses valores ou pesquisas científicas que estejam sendo planejadas ou finalizadas (Antarctic Treaty, Annex V).

Podem ser incluídas como áreas especialmente protegidas:

- (a) areas kept inviolate from human interference so that future comparisons may be possible with localities that have been affected by human activities;
- (b) representative examples of major terrestrial, including glacial and aquatic, ecosystems and marine ecosystems;
- (c) areas with important or unusual assemblages of species, including major colonies of breeding native birds or mammals;
- (d) the type locality or only known habitat of any species;
- (e) areas of particular interest to ongoing or planned scientific research;
- (f) examples of outstanding geological, glaciological or geomorphological features;
- (g) areas of outstanding aesthetic and wilderness value;
- (h) sites or monuments of recognised historic value; and
- (i) such other areas as may be appropriate to protect the

values set out in paragraph 1 above (Antarctic Treaty, Annex V).<sup>11</sup>

Já as áreas especialmente gerenciadas são aquelas que possuem atividades em condução ou que irão ser conduzidas, as quais terão a necessidade de planejamento e coordenação, de forma a evitar possíveis conflitos, aprimorar a cooperação entre as Partes e minimizar o impacto ambiental causado pelos projetos (Antarctic Treaty, Annex V).

Podem ser consideradas áreas especialmente gerenciadas: “(a) areas where activities pose risks of mutual interference or cumulative environmental impacts; and (b) sites or monuments of recognised historic value (Antarctic Treaty, Annex V).<sup>12</sup>

O artigo 5 explica que para designar uma área como especialmente protegida ou especialmente gerenciada, é necessária uma proposta de Plano de Gerenciamento na Reunião Consultiva do Tratado da Antártica, que qualquer Estado-Parte, Comitê, Comitê Científico para a Pesquisa Antártica ou a Comissão para a Conservação dos Recursos Vivos Marinhos Antárticos poderá propor (Antarctic Treaty, Annex V).

Nos artigos seguintes são explicados os procedimentos de designação, assim como o funcionamento para a concessão de licenças, que deverá especificar a extensão e localização da área, as atividades autorizadas, a localização e o tempo destas e a identidade de quem irá executá-las, bem como deverá expressar quaisquer outras condições presentes no Plano de Gerenciamento (Antarctic Treaty, Annex V).

Destaca-se que este tipo de organização coordenada em áreas de exploração comum à toda humanidade é de suma importância para a proteção ambiental, sendo a medida exata para ilidir os atos danosos em seus variados níveis.

#### 4.4. CONCEITO DE SAFETY ZONES.

As safety zones não possuem um conceito ou propósito definido, então, um de seus pré-requisitos é a definição de objetivos e o escopo da zona, havendo a possibilidade dos atores aplicarem múltiplas interpretações

<sup>11</sup> No original. Tradução livre: “(a) áreas mantidas invioláveis à interferência humana para que futuras comparações sejam possíveis com localidades que tenham sido afetadas por atividades humanas; (b) exemplos representativos dos principais ecossistemas terrestres, incluindo glaciais e aquáticos, e marinhos; (c) áreas com conjuntos importantes ou incomuns de espécies, incluindo grandes colônias de aves ou mamíferos nativos reprodutores; (d) a localidade-tipo ou o único habitat conhecido de qualquer espécie; (e) áreas de particular interesse para pesquisas científicas em andamento ou planejadas; (f) exemplos de características geológicas, glaciológicas ou geomorfológicas excepcionais; (g) áreas de excepcional valor estético e natural; (h) sítios ou monumentos de reconhecido valor histórico; e (i) quaisquer outras áreas que possam ser apropriadas para proteger os valores estabelecidos no parágrafo 1 acima”

<sup>12</sup> No original. Tradução livre: “(a) áreas onde as atividades apresentam riscos de interferência mútua ou impactos ambientais cumulativos; e (b) sítios ou monumentos de valor histórico reconhecido”

que, conseqüentemente, trazem conceitos legais exacerbados ou constituem dados ambíguos sobre a efetividade de uma zona (Gilbert, p. 3).

Mas, os parâmetros básicos dessas zonas são relativos às notificações e planejamentos de atividades para que haja a mínima separação entre as instalações e equipamentos no território lunar, assim como a rádio-interferência deverá ser diminuída (Nelson, 2020, p. 605).

Dependendo do ponto de vista de cada autor, segundo o jurista Alexander Gilbert, as *safety zones* podem ser variavelmente descritas como: a) áreas para proteção da segurança ou dos interesses econômicos, b) áreas de saúde e segurança operacional de determinadas atividades, c) zonas de aviso para a prevenção de conflitos e d) registro de atividade e os perigos que esta representa (Gilbert, p. 3).

Desta forma, as *safety zones* são áreas emergentes no direito espacial, relativamente desenvolvidas sob a perspectiva operacional. Entretanto, há embasamento legal suficiente que as conecte às interferências danosas das atividades espaciais, como, por exemplo, diante da necessidade de fiscalização de atividades espaciais, principalmente as que envolvem instrumentos nucleares, pode-se conceituar as *safety zones* como áreas de proteção ambiental (Gilbert, p. 19-20).

#### 4.5. APLICAÇÃO DE SAFETY ZONES COMO ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL NA LUA EM ANALOGIA ÀS ÁREAS ESPECIALMENTE PROTEGIDAS PREVISTAS NO PROTOCOLO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (ANEXO V) DO TRATADO DA ANTÁRTICA.

Embasando-se no conteúdo elaborado minuciosamente pelo Protocolo de Proteção Ambiental do Tratado da Antártica, principalmente em seu Anexo V apresentado no tópico 3.3, há a possibilidade de aplicar o conceito de *safety zones* para a preservação de determinados territórios na Lua, assim como existem as áreas especialmente protegidas e *especialmente gerenciadas* na Antártica.

Considerando que o termo de “*safety zones*” ainda é indefinido dentro do direito espacial, sendo utilizado para fundamentar doutrinariamente um aspecto operacional das atividades espaciais, o presente trabalho busca a sua aplicação no aspecto de áreas de proteção ambiental e sustentabilidade (Gilbert, p. 19-20).

Estas áreas podem ser fixadas de acordo com a raridade e necessidade de preservação dos minerais encontrados, por exemplo, no tópico 1.2. houve a citação de que a água é encontrada em algumas localizações do satélite na forma de cristais de gelo (Tronchetti, 2015, p. 772).

Já no tópico 2.1, foram apresentadas as extensões que determinadas atividades espaciais podem causar na composição mineral do satélite natural, por exemplo, a probabilidade das aterrissagens do Starship na Lua contaminarem os depósitos de água existentes no satélite, pois a introdução de água exógena no material já existente dos regolitos, através de plumas

de exaustão dos foguetes, pode comprometer a capacidade de estudo dos cientistas (Space Today, 2024).

Desta forma, existindo embasamento científico e estudos que comprovam a nocividade que as atividades humanas poderão causar na Lua, há, também, o rigor de propostas de sustentabilidade destas pela sociedade internacional.

O Anexo V do Tratado da Antártica é previsto como o paradigma para o estabelecimento de áreas de proteção na Lua contra atividades nocivas, tratando de uma organização bem coordenada nos moldes deste instrumento, cujo funcionamento estará de acordo com os princípios da precaução e da prevenção do direito ambiental internacional.

Tendo em vista que, as áreas especialmente protegidas possuem ligação com a precaução, pela indeterminação da extensão dos problemas, e as áreas especialmente gerenciadas são interligadas à prevenção, o procedimento para as suas instaurações na Lua possibilitam a composição de áreas de exploração proibida, e de áreas de gerenciamento, com as licenças existentes no anexo continental (Antarctic Treaty, Annex V).

## >> CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, é indiscutível a demanda por estudos científicos de sustentabilidade das missões espaciais, considerando que o material que visa a proteção ambiental dos corpos celestes ainda é escasso.

A sociedade internacional atualmente possui uma preocupação relacionada ao liberalismo exploratório, o que, de fato possui importância, entretanto, necessita-se de um viés que procure a parcimônia entre exploração e proteção.

Conforme explorado nos tópicos anteriores, o artigo visou utilizar a atual discussão sobre as safety zones, traduzidas como zonas de segurança, dentro do direito espacial para um conceito não operacional, mas de áreas ambientalmente protegidas.

Buscou-se como paradigma principal as “áreas especialmente protegidas” e “especialmente gerenciadas” do Anexo V do Tratado da Antártica, considerando que o continente possui liberdade de exploração, não apropriação territorial e proibição de atividades militares, construção normativa semelhante ao Tratado do Espaço e ao Acordo da Lua.

O escopo principal com esta comparação é a aplicação da mesma sistemática dentro das atividades espaciais na Lua, de forma a proteger e estabilizar o seu ambiente frente à nova corrida espacial, os projetos de extração mineral lunar e a inserção dos entes privados neste contexto.

Assim, conforme o Anexo V do Protocolo de Proteção Ambiental (pertencente ao Tratado da Antártica), haverá um procedimento específico para a inserção de determinada área no status de “especialmente protegida” ou de “especialmente gerenciada”, prezando a segurança ambiental da Lua, assim como a instigação de missões sustentáveis.

Tal resolução é possível dentro da sociedade internacional, entretanto são necessários extensos estudos quanto às áreas do território lunar e seus

componentes minerais para a análise desta conjuntura junto aos projetos e expedições atuais, sendo propício um grupo de trabalho do COPUOS com a finalidade de anexação dos protocolos ambientais ao Tratado do Espaço ou/e ao Acordo da Lua.

## >> REFERÊNCIAS

AVENTURAS NA HISTÓRIA. Ser humano deixou 180.000 kg de lixo na Lua. **Aventuras na História**. 22 de abril de 2019. Disponível em: <https://aventuras-nahistoria.com.br/noticias/reportagem/ser-humano-deixou-180000-kg-de-lixo-na-lua.phtml>. Acesso em: 16 out. 2024.

BBC BRASIL. A Lua e as missões espaciais: o que esperar para os próximos anos. **BBC Brasil**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cv22kgnere8o>. Acesso em: 12 out. 2024.

BBC BRASIL. **Exploração espacial: pedaço desgovernado de um foguete caiu na Lua**. 12 de junho de 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-49039145>. Acesso em: 12 out. 2024.

CHENG, B.. 1997. **Studies in International Space Law**. Oxford Scholarship Online - 2012.

CNN BRASIL. **Foguete misterioso colide com a Lua e impacto cria cratera dupla**. 27 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/foguete-misterioso-colide-com-a-lua-e-impacto-cria-cratera-dupla/>. Acesso em: 20 jan. 2024.

CNN BRASIL. **Lixo espacial pode causar próxima crise ambiental?** 06 de novembro de 2011. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/lixo-espacial-pode-causar-proxima-crise-ambiental/>. Acesso em 6 abr. 2025.

CNN BRASIL. **Lua é incluída pela primeira vez em lista de patrimônios mundiais em risco**. 20 de janeiro de 2025. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/lua-e-incluida-pela-primeira-vez-em-lista-de-patrimonios-mundiais-em-risco/#:~:text=%E2%80%9CItens%20como%20a%20c%C3%A2mera%20que,objetos%20s%C3%A3o%20emblem%C3%A1ticos%20desse%20legado..> Acesso em 7 fev. 2025.

CNN BRASIL. **Missão Artemis: o que se sabe sobre o retorno dos humanos à Lua**. 27 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/missao-artemis-o-que-se-sabe-sobre-o-retorno-dos-humanos-a-lua/>. Acesso em: 10 de out. 2024.

DEPARTAMENTO DE ESTADO DOS EUA. **Tratado da Antártida**. Disponível em: <https://www.state.gov/wp-content/uploads/2025/04/website-1-Antarctic-Treaty.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2025.

FORBES. **Missões espaciais agora podem ter certificação de sustentabilidade**. 04 de agosto de 2021. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesesg/2021/08/missoes-espaciais-agora-podem-ter-certificacao-de-sustentabilidade/>. Acesso em 6 abril de 2025.

GALILEU. Dados do programa Apollo revelam 22 mil tremores lunares ocultos. **Galileu**. 22 de março de 2024. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/ciencia/espaco/noticia/2024/03/dados-do-programa-apollo-revelam-22-mil-tremores-lunares-ocultos.ghtml>. Acesso em: 5 out. 2024.

GAÚCHA, Z.H.. Por que há uma nova corrida espacial à Lua? **Gaúcha ZH**. 24 de agosto de 2023. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/tecnologia/noticia/2023/08/por-que-ha-uma-nova-corrida-espacial-a-lua-cllprum1o00gy-016om3q51khe.html>. Acesso em: 30 out. 2024.

GILBERT, A. Q.. **Safety zones for lunar activities under the Artemis accords**. Open Lunar Foundation (2022).

GIZMODO. O mundo vive uma nova corrida espacial para a Lua: veja as missões de 2024. **Gizmodo Brasil**. 08 de janeiro de 2024. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/mundo-vive-nova-corrida-espacial-para-a-lua-veja-as-missoes-de-2024/#:~:text=O%20ano%20de%202024%20vai%20ser%20marcado%20por%20uma%20verdadeira,Terra%20ao%20longo%20deste%20ano.&text=A%20mais%20importante%20delas%20%C3%A9%20a%20Artemis%202%2C%20da%20NASA>. Acesso em: 16 out. 2024.

GIZMODO. Missão de amostras da Lua: o que se sabe sobre a Artemis e as missões de 2024. **Gizmodo Brasil**. 08 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/missao-amostras-lua/>. Acesso em: 11 out. 2024.

GÓMEZ, É. L. G.; RUIZ, L. C.. Programa Artemis: acuerdos y tecnologías para la exploración y explotación de la Luna. **Ciencia y poder aéreo**, v. 16, n. 2, p. 29-45, 2021.

VERTADIER, H.; Schingler, J. K.. **Safety Zones for Sustainability on the Moon: The Example of the Breaking Ground Trust**, (2023), 48, *Air and Space Law*, Issue SI, pp. 191-210, <https://kluwerlawonline.com/journalarticle/Air+and+Space+Law/48.4/AILA2023038>. Acesso em: 19 jun. 2023.

LUCEY, P.G.. Mineral maps of the Moon. **Geophysical Research Letters**, v. 31, n. 8, 2004.

MARINHA DO BRASIL. **Tratado da Antártica e Protocolo de Madri**. Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – SECIRM. 2. ed. Brasília, DF: SECIRM, 2016. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br/secirm/files/tratado-protocolo-madri.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2025.

NAÇÕES UNIDAS. **Acordo da Lua**. Escritório para Assuntos do Espaço Exterior (UNOOSA). Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/moon-agreement.html>. Acesso em: 24 mai. 2025.

NAÇÕES UNIDAS. **Tratado sobre os Princípios que Regem as Atividades dos Estados na Exploração e Uso do Espaço Exterior, incluindo a Lua e outros Corpos Celestes**. Escritório para Assuntos do Espaço Exterior (UNOOSA). Disponível em: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outerspacetreaty.html>. Acesso em: 24 mai. 2025.

NASA. **Acordos Artemis**. Disponível em: <https://www.nasa.gov/artemis-accords>. Acesso em: 24 mai. 2025.

NASA. **Mare Tranquillitatis**. Online, S.D. Disponível em: <https://science.nasa.gov/image-detail/20100528/>. Acesso em 11 nov. 2024.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Como a corrida espacial lançou uma era de exploração para além da Terra. **National Geographic Brasil**. Abril de 2022. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/04/como-a-corrida-espacial-lancou-uma-era-de-exploracao-para-alem-da-terra>. Acesso em: 10 out. 2024.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. Pedaco desgovernado de um foguete caiu na Lua. **National Geographic Brasil**. Março de 2022. Disponível em: <https://www>.

[nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/03/pedaco-desgovernado-de-um-foguete-caiu-na-lua](https://nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/03/pedaco-desgovernado-de-um-foguete-caiu-na-lua). Acesso em: 10 out. 2024.

NELSON, J. W. (2020). **Safety Zones: A Near-Term Legal Issue on the Moon**. *J. Space L.*, 44, 604.

O GLOBO. Nova era de missões espaciais leva capital privado à Lua: entenda o que pode mudar. **O Globo**. 01 de fevereiro de 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/saude/ciencia/noticia/2024/02/01/nova-era-de-missoes-espaciais-leva-capital-privado-a-lua-entenda-o-que-pode-mudar.ghtml>. Acesso em: 14 out. 2024.

O GLOBO. De volta à Lua: como serão as casas que a NASA planeja construir no satélite e em Marte. **O Globo**. 15 de maio de 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/mundo/epoca/noticia/2024/05/15/de-volta-a-lua-como-serao-as-casas-que-a-nasa-planeja-construir-no-satelite-e-em-marte.ghtml>. Acesso em: 20 out. 2024.

O GLOBO. Tardígrados espalhados pela Lua, e isso não tem graça nenhuma. 18 de agosto de 2019. **O Globo**. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/epoca/colunistas/tardigrados-espalhados-pela-lua-isso-nao-tem-graca-nenhuma-23884164>. Acesso em: 16 mar. 2025.

REITZ, G.; BERGER, T.; MATTHIAE, D.. **Radiation exposure in the moon environment**. *Planetary and Space Science* 74.1 (2012): 78-83.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T.. **Curso de Direito Ambiental**. 2 ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021. Acesso em 24 abr. 2025.

SPACE TODAY. **Estudo mostra que o pouso do Starship na Lua pode contaminar o gelo de água**. Julho de 2024. Disponível: <https://spacetoday.com.br/estudo-mostra-que-pouso-do-starship-na-lua-pode-contaminar-o-gelo-de-agua/>. Acesso em: 16 mar. 2025.

SUPERINTERESSANTE. Radiação na Lua é até 3 vezes maior do que na ISS. **Superinteressante**. 29 de setembro de 2020. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/radiacao-na-lua-e-ate-3-vezes-maior-do-que-na-iss#>. Acesso em: 10 out. 2024.

TAYLOR, L. A.. **Resources for a lunar base: Rocks, minerals, and soil of the Moon**. *In: NASA. Johnson Space Center, The Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century, Volume 2*. 1992.

THE GUARDIAN. Space junk about to crash into far side of Moon. **The Guardian**. 03 de março de 2022. Disponível em: <https://www.theguardian.com/science/2022/mar/03/space-junk-about-to-crash-into-far-side-of-moon>. Acesso em: 20 out. 2024.

TRENNEPOHL, T.. **Manual de Direito Ambiental**. – 8 ed. – São Paulo: Saraiva Educação, 2020. Acesso em 24 abr. 2025.

THE HAGUE WORKING GROUP. **Building blocks for the development of an international framework on space resource activities**. 12 de novembro de 2019. Disponível em: <https://www.universiteitleiden.nl/binaries/content/assets/rechtsgeleerdheid/instituut-voor-publiekrecht/lucht--en-ruimterecht/space-resources/portuguese-translation-.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2023.

TRATADO DE MADRI. **Protocolo ao Tratado da Antártida sobre Proteção ao Meio Ambiente**. Disponível em: <https://www.ats.aq/e/protocol.html>. Acesso em: 24 mai. 2025.

TRONCHETTI, F.. **The exploitation of natural resources of the moon and other celestial bodies:** a proposal for a legal regime. Vol. 4. Martinus Nijhoff Publishers - Leiden, 2009. Acesso em: 19 jun. 2023.

UNIVERSIDADE DE LEIDEN. The Hague Space Resources Governance Working Group. **Universiteit Leiden**. 12 de novembro de 2019. Disponível em: <https://www.universiteitleiden.nl/en/law/institute-of-public-law/institute-of-air-space-law/the-hague-space-resources-governance-working-group>. Acesso em: 20 out. 2024.

