



Minérios espaciais: coisas de ninguém em benefício de todos

HELLEN MARINHO AMORIM*

Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

CARLOS HENRIQUE REIS ROCHAEL**

Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Brasil

Resumo: A exploração dos recursos minerais terrestres tem sido fonte de benesses econômicas, prejuízos ambientais e custos humanos. Novas tecnologias, no entanto, vêm promovendo a mineração espacial com a potencialidade de, sincronicamente, maximizar os benefícios dessa atividade econômica e reduzir os danos socioambientais. Nessa perspectiva, o presente estudo examina duas implicações, no âmbito jurídico, dessa inovação tecnológica: a natureza jurídica e a titularidade dos recursos naturais espaciais. Com os objetivos de reconhecer o sujeito de direito mais plausível, segundo critérios jurídicos, lógicos e éticos, para auferir a titularidade do direito de propriedade sobre minérios espaciais e de propor o tratamento mais adequado quanto aos seus proventos, a abordagem adotada visa concatenar as minerações terrestre e espacial com base na perspectiva de continuidade renovada. Para alcançar essa proposição teórica, foram analisados, previamente, os impactos humanos e ambientais da mineração terrestre; as viabilidades de utilização e de exploração dos minérios espaciais, bem como as vantagens e desvantagens da mineração espacial; e tanto os posicionamentos político-normativos – internacionais e locais – quanto os posicionamentos acadêmico-doutrinários – negacionistas, expansionistas e analogistas – acerca desse direito de propriedade. Conclui-se que os minérios espaciais são melhor classificados como *res nullius*, apropriáveis por quaisquer pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, desde que se comprometam com determinados requisitos quanto aos seus proventos, o que culmina numa razoável proposta de regulação para a mineração espacial que é, simultaneamente, exequível e benéfica para a humanidade e o meio ambiente.

Palavras-chave: mineração espacial, recursos espaciais, *res nullius*, direito espacial, novo espaço, novas tecnologias.

* Hellen Marinho Amorim, Bacharel em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Atualmente é discente de Mestrado no curso de Direito da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8525-9577>. E-mail: hellen.maramor@hotmail.com

** Carlos Henrique Reis Rochaél, Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Goiás, Bacharel em Direito pela Universidade Federal de Goiás e Mestre em Direito, Relações Internacionais e Desenvolvimento pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Atualmente é docente de Direito Administrativo y Direito Constitucional na Pontifícia Universidade Católica de Goiás y assessor jurídico no Tribunal de Justiça do Estado de Goiás. Goiânia, Goiás, Brasil.

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2131-2949>. E-mail: prof.carloshenriquepucgo@gmail.com

CONTEÚDO: I. INTRODUÇÃO.- II. EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS.- II.1. RECURSOS MINERAIS TERRESTRES: QUESTÕES ANTRÓPICAS.- II.2. RECURSOS MINERAIS ESPACIAIS II.2.1 VIABILIDADES.- II.2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS III. DILEMA LEGAL: VELHO ESPAÇO E NOVO ESPAÇO.- III.1. TRATADO INTERNACIONAL: ESPAÇO EXTERIOR.- III.2. REGULAMENTOS LOCAIS.- III.2.1. ESTADOS UNIDOS.- III.2.2. LUXEMBURGO.- IV. DIREITO DE PROPRIEDADE SOBRE MINÉRIOS ESPACIAIS.- IV.1. NATUREZA JURÍDICA DOS MINÉRIOS ESPACIAIS.- IV.1.1 MINÉRIOS ISOLADAMENTE CONSIDERADOS.- IV.1.1.1. RES COMMUNIS.- IV.1.1.2. BENS PÚBLICOS.- IV.1.1.3. BENS PRIVADOS.- IV.1.1.4. RES NULLIUS.- IV.1.2 MINÉRIOS UNIDOS A ASTEROIDES.- IV.2. TITULARIDADE SOBRE PROVENTOS DA MINERAÇÃO ESPACIAL.- IV.2.1. PARTICULARES E ESTADO.- IV.2.2 HUMANIDADE.- V. CONCLUSÕES.

I. INTRODUÇÃO

O fascínio pelo espaço é tão antigo quanto a própria humanidade, bem como a utilização do conhecimento astronômico para o aprimoramento da vida na Terra. Evidências da Arqueoastronomia remontam a inovações culturais e tecnológicas, ainda no período pré-histórico, que partiram, por exemplo, das informações sobre o posicionamento do Sol e da Lua como conhecimento aplicado aos usos sazonais do solo (Robbins, 2000, p. 32).

É preciso, porém, dar um grande salto temporal para chegar à época em que a humanidade deixou de ser mera espectadora dos fenômenos siderais e passou a ser, materialmente, desbravadora do universo: o século XX. O advento da Engenharia Aeroespacial abriu possibilidades para alterações na vida humana que eram, até recentemente, impensáveis. Desde então, o gênero humano já alcançou, pessoalmente, a Lua (Loff, s.a.) e, inclusive, tentou fazer crescer material biológico por lá (Mediavilla, 2019), prelúdio de que, de fato, visa «tentar a vida» fora da Terra.

Contudo, enquanto a humanidade não consegue estabelecer-se definitivamente em outros territórios espaciais, os benefícios para a vida na Terra continua sendo o escopo de boa parte da exploração espacial. Nesse cenário, sondas robóticas não tripuladas constituem as vias exploratórias mais factíveis a curto e médio prazos. Atualmente, diversas delas exploram planetas, satélites naturais, cometas e asteroides em busca de vestígios de vida extraterrena, água e minérios (Wilson, s.a.; ESA, s.a.; Roscosmos, s.a.).

Nesse contexto de exploração de objetos espaciais *in situ*, alguns países – como Estados Unidos (EUA), Luxemburgo, Emirados Árabes Unidos (EAU) e Rússia –, e grupos empresariais privados – como Planetary

Resources, SpaceX, Deep Space Industries, Moon Express e iSpace¹ –, voltaram-se a uma nova e promissora possibilidade: a mineração espacial, «uma séria tentativa de recuperar recursos naturais do espaço», que pode incluir o processamento e a fabricação de materiais no espaço (Jakhu, Pelton & Nyampong, 2017, p. 2). Essa emergente indústria extrativista tem intenções extremamente ambiciosas e seus entusiastas alegam que as operações dela advindas podem introduzir uma mudança na economia global tão profunda quanto a ocorrida pela Revolução Industrial (Lewis, 2015, p. 12).

Diante de uma modificação na dinâmica humana de tamanha grandeza, o Direito emerge como regulador de interesses. As perspectivas jurídicas mais imediatas e significativas nessa conjuntura são o *direito de propriedade* e a *natureza jurídica dos minérios espaciais*, questões que passaram a ser alvo de investigações acadêmicas desde a edição do *Tratado sobre os Princípios que Regem as Atividades dos Estados na Exploração e Utilização do Espaço Sideral (Tratado do Espaço Exterior – Outer Space Treaty)*, em 1967 (e.g. Gabrynowicz, 1992; Reinstein, 1999; Goh, 2007; Meyer, 2010). As discussões se tornaram mais intensas com as aprovações da *Lei (estadunidense) de Competitividade de Lançamento Espacial Comercial (Spurring Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship – SPACE Act)*, em 2015, e da *Lei (luxemburguesa) sobre a Exploração e Utilização de Recursos Espaciais (LEURE)*², em 2017 (e.g. Leterre, 2017; Koch, 2018; Mallick & Rajagopalan, 2019; Christensen, Lange, Sowers, Abbud-Madrid & Bazilian, 2019). Trata-se, portanto, de matéria controversa e ainda indefinida em termos jurídico-internacionais, mas que, a partir do quadro econômico que se difundiu no domínio espacial e da vigência das novas legislações, requer urgência para uma resposta concreta e exequível.

Assim, o presente artigo pretende contribuir com uma abordagem específica para a discussão que envolve a titularidade dos recursos espaciais e os proventos obtidos com a mineração espacial. Baseando-se na relação entre conhecimento científico-tecnológico e melhoramento da vida humana, propõe-se que o aproveitamento desses recursos deva ser investigado a partir de uma *perspectiva de continuidade renovada*: minerar no espaço não é «começar novamente», é dar prosseguimento, mas de outro modo, ao que foi feito no planeta Terra em relação aos seus recursos minerais. Portanto, questões ambientais e humanitárias que se referem à mineração terrestre, bem como a atuação de seus atores econômicos, devem ser consideradas ao responder às questões cruciais: o que são e a quem pertence os minérios espaciais?

1 Outras empresas atualmente operantes no ramo são Blue Origin, Bigelow Aerospace, Orion Span, Axiom Space, Virgin Galactic, Sierra Nevada Corporation, Masten Space Systems.

2 A abreviação da lei estadunidense é oficial, já a da lei luxemburguesa foi criada para o presente artigo e baseia-se nas iniciais em português.

Primeiro, serão abordadas questões acerca das explorações minerais, tanto na Terra, quanto na Lua e nos asteroides. Depois, serão discutidos os aspectos político-jurídicos envolvidos na exploração espacial, segundo as concepções de «velho espaço» e «novo espaço». Ao final, serão levantadas as questões principais, que contarão com quatro candidatos à resposta: os minérios espaciais poderiam pertencer à humanidade (*res communis*), aos Estados (bens públicos), aos particulares – empresas ou indivíduos – (bens privados), ou a ninguém (*res nullius*). Conclui-se que adotar o último constitui a solução mais adequada pois viabiliza a equanimidade na apropriação, mas essa estaria obrigatoriamente vinculada ao compartilhamento dos proventos da mineração espacial.

II. EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS

II.1. Recursos minerais terrestres: questões antrópicas

Os recursos minerais acompanham o ser humano desde seus primórdios evolutivos e possuíram, em seu desenvolvimento sociocultural, importante função material, tendo sido uma das fontes para a confecção e o aprimoramento das primeiras ferramentas (Barkai, 2011, Pétrequin et al., 2011). Atualmente, constituem peças-chave dos mais avançados e imprescindíveis instrumentos tecnológicos, tornando «indiscutível que, no patamar tecnológico em que a humanidade se encontra, é absolutamente impossível a vida humana sem as atividades minerárias» (Antunes, 2016, p. 1335).

A crucial dependência dos recursos minerais constitui, contudo, um vínculo desarmônico, pois, ao mesmo tempo em que são tão necessários e insubstituíveis, são também finitos, não-renováveis, perdidos para sempre quando retirados do solo, além de alguns deles serem raros e escassos (Halдар, 2018, p. 308).

O uso das terras-raras exemplifica essa relação paradoxal. Os minérios dessa natureza formam um grupo de 17 elementos químicos metálicos que possuem propriedades físico-químicas incomuns, como características magnéticas ou óticas únicas. São aplicados principalmente em componentes tecnológicos utilizados na produção energética, industrial e militar, como na fabricação de ímãs permanentes, circuitos eletroeletrônicos, catalisadores de gases de escapamento, equipamentos de laser, telefones celulares, corantes em vidros e cerâmicas, lentes de alta refração e ligas metálicas. Acontece que, apesar de sua crucial utilização, os minerais portadores de terras-raras são difíceis de extrair e se concentram apenas em determinadas regiões do planeta – a China, no caso, é a detentora de mais de 95% da oferta mundial –, o que dificulta sua plena distribuição (Rocio, Silva, Carvalho & Cardoso,

2012, pp. 370-372; Gosen, Verplanck, Seal II, Long & Gambogi, 2017, pp. 2-6).

Além das questões de disponibilidade restrita, a mineração terrestre padece de outros problemas: danos socioambientais. As benesses da mineração geralmente são obtidas a altos custos humanos e ambientais, que podem ser imediatos ou mediatos:

- *custos humanos imediatos*: relacionados aos trabalhadores das minas – incluindo crianças e adolescentes³ –, que exercem a ocupação mais perigosa do mundo (ILO, s.a.) e às pessoas que são obrigadas a abandonar suas residências ou trabalhos para dar espaço para a construção das estruturas extrativistas⁴;
- *custos humanos mediatos*: referentes às pessoas que residem próximas a regiões de mineração e suportam os prejuízos ambientais e sanitários de longa duração ou àquelas, residentes mais distantes, atingidas por crimes ambientais de grandes proporções;
- *custos ambientais imediatos*: relativos à complexa modificação estrutural no meio ambiente advinda da construção das mineradoras, que se revelam, comumente, na profunda alteração ou total destruição de ecossistemas;
- *custos ambientais mediatos*: decorrentes da constante geração de resíduos tóxicos, da contaminação permanente do solo e da água e do aumento das emissões de gases do efeito estufa⁵, além dos resultantes de crimes ambientais de grandes proporções que se prolongam no tempo.

A Vale S.A., mineradora multinacional que atua na extração de ferro, níquel, manganês, carvão e cobre (Vale, 2017), protagonizou os dois crimes ambientais de maiores proporções no Brasil, em 2015 e 2019, nas cidades mineiras de Mariana e Brumadinho, respectivamente, devido ao rompimento de barragens de rejeitos. Esses dois casos exemplificam referidos custos.

O rompimento da barragem causa diversos impactos socioambientais de curto, médio e longo prazos. Imediatamente, o principal impacto foi a perda de dezenas de vidas humanas – trabalhadores e moradores –, e de incontáveis vidas não-humanas – animais domésticos e silvestres –, e a total destruição de residências, infraestruturas e áreas de pastagem,

3 Prática relatada em países como Tanzânia (Human Rights Watch, 2013a), Filipinas (Rimando, 2017) e Mongólia (Ilo, 2006, pp. 20-57).

4 Prática relatada em países como Moçambique (Human Rights Watch, 2013b) e Brasil (Pereira, Becker & Wildhagen, 2013).

5 Para exemplos de custos ambientais na África do Sul e nos EUA, conferir: Glaister & Mudd, 2010; Bernhardt & Palmer, 2011.

roças e florestas por uma vasta extensão. Com a liberação da enorme quantidade de rejeitos, ocorreu o assoreamento do rio Doce, em Mariana, e do rio Paraopeba, em Brumadinho, aumentando consideravelmente a já presente contaminação por metais pesados tanto na água, quanto no solo, o que, por sua vez, comprometeu o abastecimento de água, de alimentos e de energia nas cidades vizinhas e afetará, além das atividades econômicas, também a saúde das pessoas das regiões afetadas, com a possibilidade de aumento considerável de doenças crônicas. Quanto aos ecossistemas, modelos de dispersão de vazões de rios feitas no caso de Mariana preveem consequências de longo prazo perto da cidade do Rio de Janeiro, bem como consequências potenciais no Oceano Atlântico que ainda não foram totalmente avaliadas⁶ (Wanderley, Mansur, Milanez & Pinto, 2016, pp. 33-34; Garcia, Ribeiro, Roque, Ochoa-Quintero & Laurance, 2017, p. 5; Pereira, Freitas, Guimarães & Mângia, 2019, pp. 5-8)⁷.

Visto que a demanda por recursos minerais não deixará de crescer, a finitude dos recursos, a imensa degradação ambiental e o alto custo humano requerem, indubitavelmente, uma alternativa de produção. Embora existam diferentes sugestões para garantir a continuidade ecologicamente viável da oferta mineral global nas próximas décadas (Massari & Ruberti, 2013; Ali et al., 2017), a mineração espacial surge como via solucionadora a ser considerada.

II.2. Recursos minerais espaciais

II.2.1. Viabilidades

Para considerar a mineração espacial uma forma factível de solucionar, pelo menos em parte, os problemas provenientes da mineração terrestre, é preciso comprovar a viabilidade de duas suposições: os recursos minerais espaciais podem ser utilizados, sem prejuízo, na Terra (S_1) e a exploração mineral em corpos celestes é possível (S_2).

Para validar S_1 recorre-se à uma das hipóteses para a evolução geoquímica da Terra: determinados recursos minerais advieram do espaço por intermédio de colisões com objetos siderais rochosos e nela se estabeleceram.

A ideia é que muitos dos minérios que hoje são passíveis de extração do solo, como ouro e platina, são resultantes de um «folheado tardio» de material extraterrestre que foi depositado na crosta terrestre através de uma chuva de meteoritos cataclísmicos, há bilhões de anos. (Brenan & McDonough, 2009; Willbold, Elliott & Moorbath, 2011).

6 Por ser recente, as consequências de longo prazo para os ecossistemas no caso de Brumadinho ainda carecem de estudos mais consistentes.

7 Os dois crimes foram sintetizados juntos, mas destaca-se que o de Brumadinho foi de maiores proporções em relação ao de Mariana.

Retrocedendo mais na origem desses metais pesados, tem-se a colisão de duas estrelas de nêutrons como fonte primordial desses elementos (Bloom & Sigurdsson, 2017). Aliado a essas descobertas, sabe-se que métodos tradicionais de avaliação de recursos minerais na Terra podem ser aplicados, sem prejuízos, a recursos minerais presentes em asteroides (Keszthelyi et al., 2017).

As evidências que convergem desses fatos levam à conclusão de que parte dos minérios nos quais a humanidade baseia sua economia e sua tecnologia foram, efetivamente, derivados do espaço. Portanto, a origem comum dos minérios espaciais e dos minérios terrestres revela que inexistem incompatibilidades de uso entre eles, ou seja, se os minérios que se constatarem em outros objetos celestes são os mesmos que se encontram na Terra, a utilização dos minérios espaciais para os interesses humanos é plenamente possível.

Dado que é possível usufruir das qualidades físico-químicas dos minérios de quaisquer regiões do cosmos conhecido, pode-se partir para S_2 . Para examinar essa viabilidade, é preciso considerar quatro critérios cumulativos: *onde* estão os minérios espaciais, *quais* recursos eles oferecem, *como* extraí-los e *como* torná-los úteis.

Teoricamente, quaisquer objetos espaciais rochosos são potenciais locais exploratórios para mineração. Contudo, considerando a acessibilidade, abundância de recursos de interesse econômico e técnicas de extração, a Lua e os asteroides próximos da Terra (*near-Earth asteroids*) constituem as regiões mais promissoras⁸.

Além de ser o objeto celeste mais próximo da Terra, permitindo comunicações virtualmente instantâneas e controle remoto em tempo real dos operadores de mineração robóticos da Terra, a Lua possui outra vantagem: é o local mais conhecido. A Lua é o único território espacial que foi fisicamente visitado por humanos, o que garante muitas informações disponíveis sobre sua geologia e sua composição mineral. Entre seus recursos mais proveitosos estão a água e um valioso isótopo, o hélio-3 (*He-3*), elemento extremamente raro na Terra, usado em diversas aplicações médicas e nucleares. Devido à sua gravidade, os projetos estruturais e processos de manuseio de materiais na Lua seriam os mesmos executados na Terra, tornando possível aplicar os mesmos princípios de engenharia. No longo prazo, o que efetivamente torna a Lua uma atraente candidata para a exploração mineral espacial é sua alocação como «ponte» durante o desenvolvimento de infraestruturas de grande escala na órbita terrestre, que podem formar as bases para

8 Outros locais viáveis: planetas rochosos – Marte, Vênus e Mercúrio –; asteroides de outras categorias orbitais; cometas de curto período. Para uma análise dos possíveis locais para mineração espacial, conferir: Lee, 2012, p. 51-68.

futuras explorações e utilizações das partes mais distantes do Sistema Solar, como Marte e seus satélites e os *near-Earth asteroids* (Lee, 2012, pp. 51-52; Jakhu et al., 2017, p. 4).

A mineração de asteroides é amplamente diversa pois existem muitos possíveis candidatos. Entre as opções, os asteroides próximos da Terra, membros muito pequenos do Sistema Solar – possuem diâmetros de cerca de 1 km ou mais –, classificados como carbonáceos, silicatados ou metálicos⁹, formam um subconjunto particularmente acessível que fornece alvos potencialmente atraentes de recursos para apoiar a industrialização do espaço (Lee, 2012, p. 60; Ross, 2001, p. 4). Os asteroides metálicos compõem a maioria dos objetos disponíveis e neles são encontrados metais preciosos e elementos semicondutores em concentrações relativamente grandes em comparação com as fontes da Terra, tais como ouro, platina, rutênio, ródio, paládio, ósmio, irídio, rênio, germânio, prata, índio, cobalto, gálio e arsênio, além dos minérios de terras-raras. (Ross, 2001, p. 5; Jakhu et al., 2017, p. 3).

Além de possuírem atraentes conteúdos substanciais para a mineração, muitos *near-Earth asteroids* estão localizados em órbitas adequadas, sendo os de órbitas mais circulares, em muitos casos, os principais candidatos pois são mais fáceis de alcançar. Em relação à Lua, a maioria desses asteroides é de fácil acesso e retorno devido ao baixo empuxo requerido para sair da órbita baixa da Terra e aterrissar suavemente neles, bem como para partir deles na trajetória para voltar à Terra (Jakhu et al., 2017, p. 23; Lee, 2012, pp. 60-61).

Diferentemente da Lua, que apresenta órbita estável e conhecida, a mineração de asteroides requer diferentes abordagens de engenharia porque cada objeto tem trajetórias orbitais, composições químicas e geomorfologias distintas, bem como potencialidades exploratórias de tempo diferenciadas¹⁰. Porém, para asteroides menores, existe a possibilidade de transportá-los integralmente para a Terra (Jakhu et al., 2017, p. 23). Além da remessa dos minérios ou dos próprios asteroides, é viável, como na Lua, a utilização dos recursos minerais *in situ* em missões tripuladas ou robóticas.

Assim, S_1 e S_2 encerram-se plenamente exequíveis: a mineração espacial é uma fonte de recursos naturais viável para exploração econômica na Terra.

9 Asteroides de classe-C (contém altos níveis de moléculas orgânicas complexas e gelos, particularmente gelo de água), classe-S (grupo caracteristicamente diverso, que apresenta diferentes misturas dos minerais olivina e piroxênio, bem como metais), classe-M (predominantemente de níquel-ferro, que podem conter altas concentrações de metais pesados) (Elkins-Tanton, 2010, p. 159; Elvis, 2013, p. 88).

10 Para uma análise técnica detalhada de projetos para extração mineral em asteroides, conferir: Badescu, 2013, cap. 7, 8, 9, 10, 11; Lee, 2012, p. 69-82.

II.2.2. Vantagens e desvantagens

Se a mineração espacial é tecnologicamente realizável, resta saber se é, de fato, uma boa alternativa socioambiental. Para tanto, é necessário avaliar suas vantagens e desvantagens em termos econômicos, ambientais e morais.

Começando pelas vantagens, o benefício mais explícito da exploração espacial são seus *altos ganhos econômicos*. Um modesto *near-Earth asteroid*, por exemplo, rico em platina, aproximadamente esférico e com 30 m de diâmetro, resultaria num volume de 4.500 m³ e numa massa de, provavelmente, 5.000 t. Se esse asteroide fosse constituído de 50% de platina, então seu valor nos preços atuais do mercado mundial seria da ordem de US\$ 90 bilhões. Mesmo que a missão de recuperação de asteroides e os custos de refinanciamento chegassem a US\$ 5 bilhões e mesmo que alguns dos recursos fossem destinados a algum tipo de desenvolvimento global ou fundo ecológico, apenas numa única missão desse tipo seriam gerados muitos bilhões de dólares em lucros. Embora pareça um exemplo extremo, existem mais de 1.000.000 de asteroides próximos da Terra que são da ordem de 30 m (Jakhu et al., 2017, p. 17-18). Baseados em prospecções desse tipo, alguns analistas financeiros têm afirmado que «a economia espacial se tornará uma indústria multitrilionária nas próximas duas décadas» (McLeod, 2017).

Partindo da elevada quantidade de asteroides, outras claras vantagens da exploração espacial são a *abundância* e a *variedade de recursos*. Um dos mais completos bancos de dados sobre asteroides, Asterank (s.a.), possui mais de 600.000 asteroides contabilizados, entre os quais estima-se que a quantidade de *near-Earth asteroids* com um diâmetro maior que 100 km seja de vários milhares (Lee, 2012, p. 64). Entre todos esses objetos estão os que contêm minerais de difícil localização ou extração na Terra, emergindo mais uma vantagem: a *disponibilidade de recursos raros e escassos*. Diante dessas perspectivas, é razoável afirmar que, com a mineração espacial, os minérios passarão a ser recursos naturais ilimitados.

Outro benefício advindo da acessibilidade de recursos é o *impulsamento da ciência, tecnologia e inovação*. As atividades mineradoras espaciais buscarão desenvolver novas e mais rentáveis missões robóticas, navegação avançada e manobras de precisão no espaço, melhores sistemas situacionais espaciais, técnicas de fabricação de satélites de baixo custo e sistemas de energia aprimorados, incluindo células fotovoltaicas de maior eficiência e tecnologia de pontos quânticos (Jakhu et al., 2017, p. 19), que, por sua vez, poderão ser proveitosamente implementados na Terra em atividades/produtos secundários, ou seja, alheios à sua função

primordial¹¹. Já a disponibilidade de recursos que, porventura, não existem na Terra, são raros ou escassos, têm o potencial de aumentar consideravelmente o desenvolvimento de novos conhecimentos científicos básicos em diversas áreas e, portanto, propiciar inovações tecnológicas ainda inconcebíveis.

A *prevenção de impactos* é outro fator a ser considerado quanto ao que a mineração espacial pode prover. Os *near-Earth asteroids* mais propícios à mineração são também identificados como candidatos a colidirem com a Terra. Assim, com a alteração de suas órbitas, pode-se argumentar que a mineração ajudaria a eliminar a ameaça de asteroides que poderiam causar uma grande catástrofe futura (Jakhu et al., 2017, p. 23).

Por fim, o conhecimento obtido a partir da mineração espacial apresenta, a longo prazo, a vantagem de ser uma das reais propiciadoras da *ocupação humana no sistema solar*, empreendimento ainda futurístico, mas potencialmente realizável. Logo, não só a Lua e os planetas rochosos, mas também os asteroides poderiam servir de colônias humanas no espaço (Grandl & Bazzo, 2013, p. 432)¹².

A apresentação dessas vantagens conduz a um cenário de otimismo para a mineração espacial. Porém, para analisá-la com criticidade é necessário contrabalanceá-las com suas desvantagens. A desvantagem mais manifesta seria o oposto da primeira vantagem: os *altos custos econômicos*. Descobrir que um asteroide tem ferro ou metais não significa que os asteroides sejam valiosos. Esse é apenas o primeiro passo. É preciso, posteriormente, caracterizar a qualidade e extensão dos materiais desejados; se o material alvo for suficientemente concentrado e abundante, é necessário analisar os métodos para extrair, enriquecer e processá-lo economicamente em produtos úteis; se o produto comercial parecer viável, é preciso identificar os locais de demanda e analisar os custos de transporte necessários para entregar seus produtos nesses locais. Com os custos totais estimados, a determinação final é se os produtos de asteroides podem ser vendidos competitivamente contra fontes existentes (Lewis, 2015, p. 123). Todos esses processos, principalmente os de efetividade – etapas de extração, enriquecimento, processamento, remessa, etc. – são minuciosamente subdivididos e cada subdivisão é bastante onerosa pois demandam muitos recursos tecnológicos e profissionais capacitados de inúmeras especialidades.

Porém, é também uma desvantagem de fácil contestação pois empresas privadas já se encontram em exercício na área e determinados governos locais têm apresentado crescente interesse nesse tipo de atividade.

¹¹ Como exemplos dessa derivação pode-se citar os spinoffs, produtos e tecnologias comerciais derivados das tecnologias desenvolvidas no programa espacial da NASA. Para mais informações, conferir: Nasa, s.a.

¹² Sobre o protótipo de colônia em um asteroide, conferir: Grandl & Bazzo, 2013, p. 433-436.

Portanto, o elevado investimento de capital, público ou privado, não é um empecilho. Além disso, alguns custos podem ser remediados pela *utilização in situ dos recursos naturais* – configurando, na verdade, mais uma vantagem. Por exemplo, a água da Lua pode reduzir drasticamente o custo da presença humana a longo prazo como fonte de água potável, proteção contra radiação, oxigênio para respirar e combustível para foguetes, já a liga de ferro-níquel dos asteroides metálicos pode ser usada diretamente em estruturas espaciais a partir de impressão 3D de peças complexas (Keszthelyi et al., 2017, p. 2). «As capacidades da missão e o valor líquido se multiplicarão quando produtos úteis puderem ser criados a partir de recursos extraterrestres» (Mahoney, 2018).

Como a exploração comercial dos minérios espaciais ainda carece de ampla aplicabilidade prática, outros impactos negativos tardarão a ser vislumbrados. Contudo, a especulação apresenta-se farta. Nessa perspectiva, a primeira desvantagem plausível de inferência refere-se aos *prejuízos ambientais potenciais*. A lógica de que, quando esgotados os recursos naturais terrestres, basta encontrar novas fontes para solucionar o problema, esbarra em algumas dúvidas.

Se a exploração mineral espacial ocorrerá no nível produtivo capitalista, isto é, seguindo valores hierárquicos irracionais, como o acúmulo de capital e o progresso econômico acima de quaisquer outros interesses, é questionável se essa nova atividade não sobrecarregaria ainda mais a Terra, que já se encontra em estado de alerta máximo em relação aos bens de consumo vastamente produzidos e descartados¹³. Assim, poderia ocorrer um aumento imprudente na produção de resíduos no planeta. Ao iniciar outra jornada «colonizadora» seguindo irrefletidamente a moral capitalista, pode-se incorrer nos mesmos erros cometidos na mineração terrestre, sendo o equívoco mais visível o de priorizar os ganhos econômicos em detrimento dos impactos ambientais¹⁴.

Partindo do viés capitalista, outro aspecto desvantajoso seria a *monopolização das atividades minerárias espaciais*. Ao se tratar de investimento de alto custo, apenas alguns poucos investidores, por já serem milionários/bilionários e intentarem ficar ainda mais ricos, teriam suporte e capacidade para levá-las adiante. Portanto, tais pessoas e

13 «Desde a década de 1970, a humanidade tem estado em superação ecológica, com demanda anual de recursos excedendo o que a Terra pode regenerar a cada ano. Hoje, a humanidade usa o equivalente a 1,7 Terras para fornecer os recursos que usamos e absorver nossos resíduos» (Global Footprint Network, s.a.).

14 Essa reflexão pode indicar duas direções: (1ª) essa desvantagem contraporaria a afirmação de que a mineração espacial pode afigurar como alívio ambiental – produzir mais resíduos em larga escala não é, definitivamente, uma forma de reduzir problemas ambientais –; (2ª) baseando-se na ampla diminuição ou total extinção da mineração terrestre, não haveria real desvantagem ambiental, mas, simplesmente, um contrabalaceio – de um lado, a produção em massa continuaria, de outro, uma atividade ambiental e humanamente predatória faria parte do passado. Afirmar qual dessas direções será a prevalente só será possível a partir de estudos futuros.

respectivas empresas teriam, para si, o domínio comercial de recursos naturais de caráter imprescindível para toda a humanidade¹⁵.

Ao observar as vantagens e desvantagens da exploração mineral espacial, percebe-se que aquelas possuem um suporte pragmático muito convincente – amplos ganhos, matérias-primas irrestritas, progressos científicos-tecnológicos inomináveis, colonização espacial e prevenção de catástrofes –, enquanto essas possuem uma base especulativa crítica quanto a possíveis consequências negativas – manutenção dos prejuízos ambientais e monopolização dos lucros. Diante dessas diferenças de análise e considerando que a mineração espacial já é uma realidade e a tendência é de que se consolide como um novo nicho de mercado, a inserção dos parâmetros jurídicos com vias a regulamentar essa atividade se faz essencial. Assim, como ocorre – ou deveria ocorrer – com toda nova tecnologia, o *Direito* emerge para atuar como um *sopesador de interesses*.

III. DILEMA LEGAL: VELHO ESPAÇO E NOVO ESPAÇO

A exploração dos minérios espaciais encontra-se num amplo conjunto de atividades humanas que passou a existir a partir de um grande feito: o *lançamento*, pela União Soviética (URSS), em 1957, do *Sputnik 1*, primeiro satélite artificial a orbitar a Terra. Esse avanço tecnológico deu início, no auge da Guerra Fria, à *Primeira Era Espacial*, período marcado pela «corrida espacial» entre URSS e EUA, uma disputa pela supremacia na exploração e no domínio da tecnologia espacial que teve como principais marcos:

- *lançamento do Sputnik 2*, pela URSS, em 1957, satélite artificial que levou a bordo a cadela Laika, primeiro ser vivo a orbitar a Terra;
- *lançamento do Explorer 1*, pelos EUA, em 1958, seu primeiro satélite artificial;
- *lançamento da espaçonave Vostok 1*, pela URSS, em 1961, que levou a bordo Yuri Alekseevitch Gagarin, primeiro ser humano a viajar pela órbita terrestre;
- *lançamento da Venera 3*, pela URSS, em 1965, primeira sonda espacial a penetrar na atmosfera de Vênus;
- *missão Apollo 11*, dos EUA, em 1969, que propiciou o caminhar do primeiro ser humano na Lua, Neil Alden Armstrong;

¹⁵ Para uma análise crítica acerca da moral capitalista na mineração espacial, conferir: Shammass & Holen, 2019.

- *lançamento da Mars 2*, pela URSS, em 1971, primeira sonda espacial bem-sucedida em pousar um objeto na superfície de Marte;
- *lançamento das Pioneer 10 e Pioneer 11*, pelos EUA, em 1972 e em 1973, primeiras sondas espaciais que exploraram os planetas gasosos Júpiter e Saturno;
- *missão Apollo-Soyuz*, acoplamento das naves Apollo 18, dos EUA, e Soyuz 19, da URSS, em 1975, onde astronautas e cosmonautas se encontraram, pela primeira vez, em órbita, simbolizando o fim das tensões entre as superpotências no âmbito espacial¹⁶.

Devido à forte carga política que permeava os acontecimentos tecnológicos dessa Era Espacial, tornou-se patente a necessidade de intervenção jurídica-internacional. Nesse contexto surgiu, então, o *Direito Espacial*, «conjunto de regras e regulamentos internacionais e nacionais que regem as atividades humanas relacionadas ao espaço exterior», cujos objetivos são «estabelecer um ambiente legal que permita atingir metas e interesses comuns relacionados à exploração e uso do espaço exterior» e «prevenir o surgimento de tensões e conflitos entre os sujeitos envolvidos nas atividades do espaço exterior» (Tronchetti, 2013, p. viii). Resultantes dessa nova realidade, diversos tratados internacionais foram estabelecidos, entre os quais destaca-se o Outer Space Treaty¹⁷.

Após o fim da disputa espacial entre EUA e URSS houve um período de «hiato» nas atividades espaciais que perdurou até o início dos anos 2000, quando novas tecnologias e atividades despontaram, dando origem à *Segunda Era Espacial*, época vigente. Diferentemente da Primeira Era, que contava com apenas dois agentes principais atuando em finalidades estritamente científicas e militares, a era atual se caracteriza por ser muito mais ampla em sujeitos e propósitos, sendo dirigida tanto por novos países, como Japão, Índia, China e diversos países europeus, quanto por grandes corporações, com diferentes finalidades econômicas. Entre as novidades, além da mineração espacial, destacam-se:

16 Para uma análise mais completa desses eventos históricos, conferir: Winter & Prado, 2007, cap. 1-3, 7, 9.

17 A legislação no velho espaço é marcada por cinco tratados internacionais convencionados entre 1967 e 1979: o Tratado do Espaço Exterior, de 1967, o Acordo sobre o resgate de astronautas, o retorno dos astronautas e o retorno de objetos lançados no espaço sideral, de 1968, a Convenção sobre responsabilidade internacional por danos causados por objetos espaciais, de 1972, a Convenção sobre o registro de objetos lançados no espaço sideral, de 1975 e o Acordo que Regula as Atividades dos Estados na Lua e em Outros Corpos Celestes, de 1979. Assim, o tratado apontado foi escolhido segundo a abrangência de ratificações – e consequente vinculação internacional por parte dos países atuantes nas atividades espaciais – e a pertinência quanto à questão do direito de propriedades sobre objetos espaciais, como os que abrigam minérios. O tratado de 1979 também aborda essa questão, mas, para manter a discussão em termos factíveis, não será trabalhado pois é um documento com pouquíssimas ratificações, sendo que países atuantes nas atividades espaciais, como EUA e Luxemburgo, não são nem signatários.

- *estações espaciais comerciais*, que envolvem planos variados que vão desde a criação de instalações de pesquisas científicas a construção de hotéis na órbita baixa terrestre (Billings, 2017; O'Hare, 2019);
- *manufatura espacial*, que abrange a fabricação, montagem ou integração de ferramentas em ambientes fora da atmosfera terrestre (Skomorohov, Hein & Welch, 2016, p. 2);
- *inovações Zero-G*, tecnologias que buscam proporcionar experiências em ambientes com ausência de gravidade, como as de voos em gravidade zero (Kim, 2017);
- *satélites miniaturizados*, satélites artificiais com dimensões muito abaixo dos convencionais, geralmente com massa inferior a 1.000 kg (satélites pequenos), 500 kg (mini satélites – *mini-sats*), 100 kg (micro satélites – *micro-sats*), 10 kg (nano satélites – *nano-sats*), 1 kg (pico satélites – *pico-sats*) e 100 g (femto satélites – *femto-sat*) (Marboe, 2016, p. 3).
- *turismo espacial*, que abarca tanto projetos mais modestos, como as viagens suborbitais curtas ou viagens à órbita baixa da Terra, quanto projetos mais ousados, como viagens reais à Lua (Jakhu et al., 2017, p. 67);
- *colonização de Marte*, uma das propostas aparentemente mais tangíveis na tentativa de elevar a humanidade a uma civilização espacial – como «espécie multi-planetária» –, que consiste na criação de uma cidade autossustentável nesse planeta (Musk, 2017, p. 46).

Diante de atores e atividades tão prioritariamente comerciais¹⁸, a questão jurídica espacial vem passando por paulatinas modificações onde as regras universais convencionadas nos primeiros tratados são desafiadas por novas e distintas regras locais. Como resultado desse novo cenário, diversos regulamentos que visam interesses nacionais e econômicos específicos vêm sendo estabelecidos, entre os quais destacam-se a SPACE Act e a LEURE¹⁹.

Assim, antes de propor uma resposta ao status jurídico dos minérios espaciais, é preciso explorar as legislações do «velho espaço» e do

18 Embora tenham sido colocadas genericamente, salienta-se que essas atividades continuam sendo desenvolvidas em concomitância com as finalidades científicas, em parceria entre agentes públicos e privados.

19 A legislação no novo espaço é marcada, na verdade, por inúmeros novos tipos de regulamentos e estruturas, muitos deles técnicos e científicos, que tratam de questões que não eram cobertas pelos primeiros tratados, como tratados bilaterais que regulam a cooperação espacial entre Estados e agências espaciais governamentais (Jankowitsch, 2015, p. 20). Assim, as duas legislações apontadas foram escolhidas com base na atualidade, abrangência e pertinência quanto à questão específica do direito de propriedades sobre minérios espaciais.

«novo espaço» para entender o tratamento dado por elas ao direito de propriedade de objetos e recursos espaciais.

559

MINÉRIOS ESPACIAIS:
COISAS DE NINGUÉM
EM BENEFÍCIO DE
TODOS

III.1. Tratado internacional: espaço exterior

Ao ser motivada por rivalidades político-ideológicas, a corrida espacial teve o propósito de demonstrar o poderio tecnológico das duas superpotências, despertando na população mundial o receio de que esses países pudessem valer-se das conquistas científicas para finalidades bélicas e, assim, deflagrar uma possível terceira guerra mundial.

A fim de evitar esse trágico cenário, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou o Tratado do Espaço Exterior, documento que impõe princípios gerais, alicerçados no pacifismo, para a investigação, exploração e uso do espaço exterior e dos corpos celestes. Portanto, esse primeiro tratado fornece a estrutura básica da lei espacial internacional e estabelece cinco importantes princípios: o *interesse comum* (P_1), a *liberdade de exploração e uso do espaço exterior* (P_2), a *liberdade de investigação científica* (P_3), a *não-apropriação do espaço exterior* (P_4) e a *responsabilidade estatal por atividades privadas no espaço exterior* (P_5)²⁰.

P_1 encontra-se no artigo I (1):

A exploração e o uso do espaço exterior, incluindo a lua e outros corpos celestes, devem ser realizados em benefício e no interesse de todos os países, independentemente de seu grau de desenvolvimento econômico ou científico, e serão a província de toda a humanidade.

Esse princípio foi estipulado com dois objetivos principais: (1^o) proteger e garantir legalmente o direito futuro de países em desenvolvimento de explorar e usar o espaço exterior e os corpos celestes quando eles eventualmente se tornassem econômica e cientificamente capazes de fazê-lo (Jakhu et al., 2017, p. 117); (2^o) determinar que a exploração espacial deve ocorrer, necessariamente, através de um processo de compartilhamento voluntário e de cooperação internacional (Tronchetti, 2009, p. 26).

P_2 e P_3 encontram-se, respectivamente, no artigo I (2) e I (3):

O espaço exterior, incluindo a lua e outros corpos celestes, estará livre para ser explorado e usado por todos os Estados sem discriminação de qualquer tipo, com base na igualdade e de acordo com o direito internacional, e haverá livre acesso a todas as áreas dos corpos celestes.

20 O tratado possui outros princípios, como a proibição de colocar armas nucleares em órbita, a responsabilidade por danos causados por um objeto espacial e o dever de evitar a contaminação nociva do espaço exterior e dos corpos celestes, que não são alvos do presente estudo.

Haverá liberdade de investigação científica no espaço exterior, incluindo a lua e outros corpos celestes, e os Estados facilitarão e encorajarão a cooperação internacional em tal investigação.

Diante do intuito de construir um regime de governança internacional para todas as atividades espaciais, a liberdade de P_2 foi concebida e reconhecida como ampla em sua natureza e alcance (Jakhu et al., 2017, p. 118), impedindo a existência de privilégios jurídicos. Partindo dessa liberdade geral, o tratado apresenta uma liberdade específica, a científica, que assegura a igualdade de acesso e condições para todos os países que se interessarem por atividades científicas que devam ser realizadas fora da Terra.

P_4 e P_5 encontram-se, respectivamente, nos artigos II e VI:

O espaço exterior, incluindo a lua e outros corpos celestes, não está sujeito à apropriação nacional por reivindicação de soberania, por meio de uso ou ocupação, ou por qualquer outro meio.

Os Estados [...] assumem a responsabilidade internacional pelas atividades nacionais no espaço exterior, incluindo a lua e outros corpos celestes, sejam essas atividades exercidas por agências governamentais ou por entidades não-governamentais.

Em termos gerais, P_4 confirma que o espaço exterior e os corpos celestes não estão sujeitos a direitos de propriedade e, portanto, não podem ser considerados como «territórios» de nenhum país (Freeland, 2017, p. 22), garantindo-lhes o caráter de *res communis*, ou seja, coisas que não pertencem a ninguém e devem permanecer disponíveis para que todos usem (Slomanson, 2011, p. 288). Além disso, possui fundamentação lógica para evitar contradizer-se com os três primeiros princípios: se algum país pudesse se apropriar dos objetos celestes, a liberdade de exploração e uso por todos os países e o resguardo do interesse comum não fariam sentido. Dessa forma, pode-se fazer uma interpretação extensiva e afirmar que apropriações por parte de entidades privadas também estão proibidas sob pena de incorrer na mesma contradição²¹.

Ao analisar esses princípios, pode-se concluir que o Tratado de 1967 estabelece claramente que:

- o espaço exterior é uma área internacional comum;
- nenhuma pessoa jurídica, pública ou privada, pode se apropriar do espaço exterior ou dos corpos celestes;

21 Há divergências quanto à essa interpretação extensiva (Tronchetti, 2009, p. 29-33), mas optou-se por adotá-la justamente para não violar o princípio lógico da não-contradição: se uma entidade privada pudesse apropriar o espaço exterior ou um objeto celeste (se essa fosse uma proposição verdadeira), então P_1 , P_2 e P_3 perderiam seu efeito (deveriam ser, necessariamente, falsos – não há como todas as proposições, contraditórias entre si, serem verdadeiras ao mesmo tempo).

- qualquer pessoa jurídica, pública ou privada, tem livre acesso para explorar e usar os objetos espaciais para fins científicos;
- o espaço exterior e os corpos celestes possuem o *status* de *res communis*.

Porém, a partir desse mesmo exercício de análise e diante da generalidade do documento, verifica-se que o tratado é omissivo quanto a:

- definições específicas para «corpos celestes», o que ensejaria prováveis diferenciações entre eles e os «recursos espaciais» – esses últimos poderiam ter ou não uma natureza jurídica distinta daqueles;
- distinções precisas entre «uso» e «exploração»;
- apontamentos quanto a apropriação dos corpos celestes por parte de pessoa física;
- especificações quanto a possíveis atividades além das científicas²²;
- indicações quanto a possíveis futuros deslocamentos de um «corpo celeste» para a Terra – no caso, para fins científicos, o que contrariaria *P₄*, mas não necessariamente caso houvesse uma determinação de exceção.

Tais constatações são profundamente importantes para o debate da mineração espacial pois «todos os Estados envolvidos em atividades espaciais são parte do Tratado do Espaço Exterior» (Lee, 2012, p. 103) e muitos de seus princípios «se tornaram lei internacional consuetudinária, já que foram amplamente aceitos pela comunidade internacional, e a prática do Estado associada a esses princípios também tem sido consistente» (Jakhu et al., 2017, p. 114). Logo, cada uma delas exerce influência direta sobre a regulação da mineração espacial, principalmente as constatações de omissão, as quais têm sido aproveitadas por diversos países ao fixarem suas legislações locais acerca do direito de propriedade dos recursos resultantes dessa atividade econômica.

III.2. Regulamentos locais

III.2.1 Estados Unidos

O contexto de pacifismo internacional desenvolvido no pós-Guerra Fria pavimentou um longo e enviesado caminho para a construção da pluralidade no domínio espacial. Nessa conjuntura, a SPACE Act é a legislação mais influente.

Embora tenha como objetivo principal o incentivo à competitividade e ao empreendedorismo aeroespacial privado no país, essa legislação

²² Exceto a proibição das atividades bélicas.

se sobressai justamente por sua origem, o projeto de lei *American Space Technology for Exploring Resource Opportunities In Deep Space Act* (ASTEROIDS Act), de 2014, cujo foco era, precisamente, a mineração espacial. Com a finalidade de regular essa atividade econômica, o projeto apoiou-se em diversos propósitos, entre os quais destacam-se:

- facilitar a exploração comercial e utilização de recursos de asteroides para atender às necessidades nacionais;
- desestimular as barreiras governamentais para o desenvolvimento de indústrias economicamente viáveis, seguras e estáveis para a exploração e utilização de recursos de asteroides no espaço exterior;
- promover o direito das entidades comerciais dos EUA de explorar e utilizar recursos de asteroides no espaço exterior, [...], livres de interferências prejudiciais e de transferir ou vender tais recursos.

Embora a SPACE Act seja mais abrangente do que o ASTEROIDS Act – pois versa sobre outras atividades além da mineração –, mantém essas propostas iniciais. Porém, como trata-se de norma local e posterior, a análise de suas disposições normativas deve ser feita, necessariamente, em comparação com o estabelecido nos princípios do Tratado de 1967. Diante disso, percebe-se um conflito de interesses: ao passo que os EUA buscam se manter leais às normas consuetudinárias internacionais, que estão sujeitos por terem ratificado o tratado, também intentam privilegiar os empreendimentos privados nacionais, bem como sua postura econômica liberal. Para reduzir essa dissonância, o governo estadunidense aproveitou-se das brechas legais – as omissões já apontadas – para formular suas regras.

Logo na ementa, a SPACE Act evidencia o foco da regulamentação, o uso do espaço sideral para fins comerciais, ao declarar o objetivo de:

Viabilizar um ambiente pró-crescimento para o desenvolvimento da indústria espacial comercial ao incentivar o investimento do setor privado e ao criar condições regulatórias mais estáveis e previsíveis.

Portanto, embora a lei seja categórica em expandir o rol das atividades espaciais para além das estritamente científicas, se mantém sob o compromisso internacional de pacificação.

Constata-se, nos artigos referentes à mineração espacial, que a lei é explícita ao referir-se aos «direitos de propriedade» sobre «recursos de asteroides» ou «recursos espaciais», definindo-os específica e genericamente, no §51301(1) e (2), respectivamente:

(1) RECURSO DE ASTERÓIDES – (...) recurso espacial encontrado em ou dentro de um único asteroide.

(2) RECURSO ESPACIAL

(A) EM GERAL – (...) recurso abiótico *in situ* no espaço exterior.

(B) INCLUSÕES – (...) inclui água e minerais.

Se tais recursos são apropriáveis, eles não pertencem, *a priori*, a ninguém, portanto são, nessa perspectiva, *res nullius*, ou seja, «coisas sem dono»²³ ou coisas de ninguém, *mas* capazes de serem reduzidas ao controle soberano (Brünner & Soucek, 2011, p. 279). No caso da legislação estadunidense, os locais onde os minérios se encontram – Lua e outros corpos celestes – continuam sendo *res communis*, em respeito a P_4 e P_5 , enquanto somente os recursos em si seriam *res nullius*²⁴.

A norma estabelece, no §51303, aquele que pode ser proprietário:

Um cidadão dos EUA envolvido na recuperação comercial de um recurso de asteroide ou recurso espacial [...] terá direito a qualquer recurso [...] obtido, incluindo possuir, ter, transportar, usar e vender o recurso [...].

Assim, sob essa lei, qualquer cidadão estadunidense licenciado para exercer exploração comercial e recuperação de recursos, espaciais ou de asteroide, terá direito à propriedade sobre os recursos obtidos (Jakhu et al., 2017, p. 138). Logo, os EUA ou empresas estadunidenses (pessoas jurídicas) não podem apropriar-se dos recursos espaciais – evitando possíveis conflitos com os princípios internacionais já indicados –, mas os cidadãos estadunidenses (pessoas físicas) podem.

Nesse ponto, é importante notar a presença do verbo «transportar» no parágrafo: o transporte concerne, apenas, aos recursos, não havendo menção ou inferência disponível quanto aos asteroides em si. Provavelmente os legisladores mantiveram a cautela para não ofender P_4 enquanto se aproveitaram da brecha quanto aos recursos.

Por fim, supostamente por ser uma legislação doméstica, não contém qualquer provisão para compartilhar a riqueza acumulada pela mineração espacial enquanto atividade econômica com aqueles que estão muito subdesenvolvidos econômica e tecnologicamente para participar da exploração espacial (Nelson & Block, 2018, p. 163).

23 Coisas sem donos podem ser: *res nullius*, coisas que nunca tiveram donos, ou *res derelictae*, coisas que foram abandonadas por seu dono (Donizetti & Quintela, 2016, p. 739). Não cabe falar de *res derelictae* no caso da mineração espacial.

24 Não confundir *res nullius* com *terra nullius*: aquelas são coisas apropriáveis por não terem donos prévios, já esses são territórios apropriáveis porque não teriam donos prévios (Slomanson, 2011, pp. 286-289).

Ao analisar essas regras, pode-se concluir que a SPACE Act estabelece claramente que:

- a mineração espacial é uma atividade econômica lícita;
- minérios espaciais são, simultaneamente, recursos espaciais e recursos de asteroides;
- minérios espaciais são apropriáveis, somente, por pessoas físicas;
- os minérios espaciais possuem o *status* de *res nullius*.

Apesar do aparente cuidado teórico em não violar os princípios internacionais norteadores da atividade espacial, o conteúdo da SPACE Act, sobretudo quanto à apropriação dos recursos por pessoas físicas, tem sido amplamente discutido e criticado – afinal, uma pessoa física que tem condições de arcar com os custos dessa atividade econômica a faz, na prática, inevitavelmente, por intermédio de uma pessoa jurídica privada, uma empresa, com o aval de uma pessoa jurídica pública, os próprios EUA. Portanto, observando o documento integralmente, no sopesamento de interesses, os interesses locais se sobressaem sobre os interesses internacionais.

Contudo, mesmo sendo alvo de resistências conceituais, pode-se afirmar que, com sua promulgação, a legislação estadunidense tornou-se o «paradigma» para outras nações, servindo tanto como o primeiro precedente de posicionamento jurídico ativo em relação à mineração espacial por parte de um país, quanto como exemplo normativo propriamente dito.

III.2.2. Luxemburgo

A LEURE é a segunda legislação local e a primeira europeia que trata especificamente da mineração espacial e foi anunciada com a promessa de que Luxemburgo seria o país pioneiro na mineração de ouro, platina e tungstênio em asteroides (ABC, 2016).

Essa legislação confirma o caráter paradigmático da SPACE Act, na medida em que explicita, em acordo ela:

- que os recursos espaciais são suscetíveis de apropriação (art. 1^o)²⁵;
- o *status* de *res nullius* dos minérios espaciais (inferência do art. 1^o);
- o caráter de atividade econômica lícita da mineração espacial (art. 3^o).

Porém, diferentemente da legislação estadunidense, a LEURE situa, no art. 4^o, pessoas jurídicas de direito privado – sociedades anônimas, sociedades em comandita por ações ou sociedades de responsabilidade

25 A LEURE não dispõe de definição para «recursos espaciais».

limitada – como proprietárias dos recursos espaciais, deixando em aberto um possível atrito com P_4 e P_3 que os EUA tomaram cuidado em evitar textualmente. Logo, sob essa lei, as empresas luxemburguesas ou empresas de outras nacionalidades que preencham os requisitos jurídicos locais para explorar e usar recursos espaciais podem apropriar-se deles.

Além disso, outra peculiaridade da LEURE é a previsão, no art. 18 (1) e (2), de sanções de prisão – que variam de 08 dias a 05 anos – e de multa – que variam de 1.250 a 1.250.000 euros – para aqueles que violarem as prerrogativas legais para autorização da exploração e utilização dos recursos espaciais presentes no documento.

Percebe-se, portanto, que existem concordâncias e discordâncias quanto aos entendimentos acerca do direito de propriedade de minérios espaciais nas duas legislações locais em vigência. Nessa medida, é provável que países que vierem a legislar a mineração espacial sigam em direção ao consenso de que minérios espaciais são *res nullius*, plenamente apropriáveis, e, à medida em que forem se consolidando, tenham que escolher entre qual modelo legal adotar em relação aos proprietários de minérios, o dos EUA ou o de Luxemburgo²⁶. Esse cenário futuro ensinará, eventualmente, uma resposta internacional de «atualização» dos termos do Tratado de 1967 ou, até mesmo, a confecção de um novo tratado.

IV. DIREITO DE PROPRIEDADE SOBRE MINÉRIOS ESPACIAIS

No quadro geral dos posicionamentos político-normativos acerca do direito de propriedade dos minérios espaciais tem-se, até a finalização desse artigo, uma legislação internacional omissa quanto aos recursos espaciais e duas legislações locais que divergem quanto aos sujeitos detentores desse direito. É preciso, então, partir para a análise dos diversos posicionamentos acadêmicos-doutrinários para contribuir com a solução desse problema jurídico que permanece em aberto.

Embora variados, pode-se distinguir, pelo menos, três classes predominantes de teóricos sobre o direito de propriedade dos minérios espaciais:

- *negacionistas*: aqueles que negam a necessidade desse direito pois entendem, principalmente com base em P_2 e P_3 , que ele já se encontra explicitado no Outer Space Treaty, dada a possibilidade de entidades governamentais e não-governamentais – incluindo indivíduos, empresas e organizações – usarem e explorarem,

26 Aparentemente, a tendência é que o modelo luxemburguês prevaleça, pois os dois países que mais têm demonstrado interesse em legislar localmente a mineração espacial, EAU e Rússia, estabeleceram parcerias com Luxemburgo para entenderem a estrutura de sua lei e para efetivas cooperações estatais (Calderon, 2018; Soldatkin, 2019).

livre e igualmente, os corpos celestes ao realizarem atividades no espaço. Portanto, a apropriação de recursos espaciais – que estão, necessariamente, dentro do conjunto «corpos celestes», mais amplo – já seria protegida legalmente, inexistindo brecha (e.g. Sterns & Tennen, 2003);

- *extensionistas*: aqueles que apoiam uma total abrangência dos direitos de propriedade, incluindo os próprios objetos celestes, pois entendem, segundo prerrogativas econômicas liberais, sobretudo a privatização irrestrita, que tanto os objetos quanto seus recursos espaciais são territórios e coisas plenamente exploráveis e apropriáveis por quem busca lucrar, a seus próprios riscos, com os investimentos espaciais. Assim, são contrários à P_4 e P_5 , ou seja, consideram que o espaço extra-atmosférico não deveria ser compartilhado por todos na Terra, sendo, simplesmente, mais um local de potencial ocupação humana a partir do engajamento em empreendimentos econômicos (e.g. Nelson & Block, 2018);
- *analogistas*: aqueles que consideram a analogia com o tratamento jurídico-internacional concedido ao alto-mar, «parte do oceano não sujeita à soberania territorial completa de qualquer Estado» (Slomanson, 2011, p. 312), e aos seus recursos naturais, como a forma mais adequada de proceder em relação a esse direito. Nesse sistema jurídico, o alto-mar é *res communis* e seus recursos naturais são de livre apropriação²⁷. Logo, reconhecem a brecha deixada pelo Tratado de 1967 quanto aos recursos espaciais e a preenchem com o que julgam ser um contexto jurídico semelhante (e.g. Koch, 2018).

A presente proposta posiciona-se entre um «extensionismo fraquíssimo»²⁸ e uma «inspiração analógica». Quanto àquele, apenas toma-se emprestado seu pressuposto central – possibilidade de apropriação de objetos celestes – para justificar uma exceção inevitável para a concretização de uma das formas de realizar a mineração espacial: a remessa de asteroides para a Terra. Quanto a esse, considera-se que existe real diferença entre a *parte* e o *todo*, sendo cabível, em princípio, a analogia «recursos espaciais/objetos celestes e recursos marinhos/alto-mar». O problema da remessa, porém, também aparece e justifica a mera inspiração: o espaço extra-atmosférico não é comparável ao alto-mar em relação aos níveis de complexidade de seus objetos – enquanto do alto-mar se extraem, apenas, recursos isoladamente

27 Para uma análise sobre os direitos de propriedade sobre recursos marinhos, conferir: Barnes, 2009, cap. 5, 7, 8.

28 As gradações dos entendimentos acadêmicos-doutrinários não são uma preocupação para o presente estudo, porém optou-se por usar esses termos para se diferenciar da «visão forte» do extensionismo apresentada anteriormente.

considerados (como peixes), do espaço pode-se extrair, além desses, recursos juntamente com os objetos inteiros que os contém²⁹.

Diante disso, o objetivo é construir uma abordagem *sui generis* para os direitos de propriedade dos minérios espaciais que considere as particularidades do espaço exterior, seus objetos e recursos, e que seja, igualmente, exequível e benéfico em larga escala. Para alcançá-lo, é preciso analisar cada possibilidade de definição para que tipo de «coisas» – ou «bens»³⁰ – são os minérios espaciais e quem afigura-se como proprietário mais adequado.

IV.1. Natureza jurídica dos minérios espaciais

Conceber os minérios espaciais como «coisas jurídicas» é uma tarefa simples já que preenchem os requisitos que as caracterizam:

- *interesse econômico*: a coisa deve ser útil;
- *gestão econômica*: deve existir material e autonomamente; e
- *subordinação jurídica*: o sujeito do direito pode exercer sua vontade sobre ela, subordinando-a a si.

A utilidade desses recursos é indiscutível e pode-se, facilmente, reconhecê-los numa precisa classificação doutrinária quanto à sua materialidade e autonomia, visto que são:

- *corpóreos*: possuem existência material, podem ser tangidos;
- *móveis por natureza*: susceptíveis de transporte, removíveis sem danos à sua estrutura natural;
- *fungíveis*: substituíveis por outros de mesmo gênero-espécie, quantidade e qualidade;
- *não-consumíveis*: permitem uso contínuo sem violar a integridade físico-química, não perecem ou são destruídos progressiva e naturalmente;
- *divisíveis*: passíveis de fracionamento de forma homogênea e distinta, não se alteraram, nem desvalorizam a essência do todo; e

29 Para aclarar esse ponto basta imaginar que o alto-mar, em relação ao espaço sideral, está mais para um asteroide – um território com recursos isoladamente considerados passíveis de extração – do que para o próprio universo – um território com vários corpos celestes, como asteroides, que contém vários recursos dentro deles.

30 Mesmo sendo termos juridicamente relevantes, inexistente acordo nas conceituações de «bem» e «coisa». Para o presente estudo, bem jurídico é «tudo aquilo que é útil às pessoas», enquanto coisa jurídica é «todo bem econômico, dotado de existência autônoma, e capaz de ser subordinado ao domínio das pessoas» (Fiúza, 2003, p. 145). Como o bem nem sempre possui expressão econômica e a coisa apresenta, sempre, economicidade e corporificação, a palavra «coisa» será mais utilizada para referir-se aos minérios espaciais, embora, por essa definição, eles sejam, concomitantemente, bens e coisas.

- *singulares*: avaliados individualmente, representados por uma unidade autônoma distinta de quaisquer outras e compostos por um todo homogêneo, cujas partes foram unidas pela natureza.

O problema reside no último requisito, que repercute na inserção dos minérios na categoria da apropriação. Para resolvê-lo, é preciso, primeiramente, entender que o direito de propriedade se fundamenta em quatro poderes:

- *usar*: ter a coisa à disposição para dela se servir ou para guardá-la;
- *fruir*: captar as vantagens geradas pela coisa, como os produtos dela advindos e quaisquer outras utilidades que ela produzir;
- *dispor*: possibilidade de dar à coisa um determinado fim ou emprego, como o consumo e a alienação;
- *reivindicar*: faculdade de perseguir a coisa (*ius persequendi*) e tomá-la de quem quer que a possua ou detenha injustamente.

É em uma limitação: a *função social*³¹, «poder-dever do proprietário que deve exercer a propriedade de acordo com o interesse coletivo» (Dimoulis, 2012, p. 545), o que implica em «alguma restrição no escopo dos direitos privados, seja para proteger certas necessidades básicas ou para alocar autoridade ou para ordenar a sociedade» (Barnes, 2009, p. 112). Tais poderes e limitação «garantem o *equilíbrio dinâmico* na relação de propriedade» (Donizetti & Quintela, 2016, p. 799).

Assim, apesar do uso, fruição, disposição e reivindicação serem assegurados ao proprietário, seus interesses particulares competem com os interesses coletivos de modo que um não seja, desproporcionalmente, prejudicado pelo outro.

A partir desse arcabouço teórico pode-se, enfim, detalhar as possibilidades de inclusão dos minérios espaciais enquanto coisas apropriáveis.

IV.1.1 Minérios isoladamente considerados

Como recurso natural, o minério espacial pode ser visto sob duas perspectivas:

- *perspectiva do isolamento*: baseia-se no conceito tradicional, que considera o minério um «agregado mineral sólido de ocorrência natural, [...], do qual um ou mais constituintes valiosos podem ser recuperados por tratamento» (Haldar, 2018, p. 3);

31 Existem divergências quanto a essa limitação, porém, como está presente em diversos sistemas jurídicos europeus e latino-americanos e há interpretações favoráveis para sua existência jurídica mesmo em países onde não se encontra documentalmente explícita (Barnes, 2009, p. 63-163; Foster & Bonilla, 2011), foi incluída como tópico relevante. Além disso, deve-se considerar que é impossível exercer uma atividade econômica fora do escopo social. Por outro lado, ressalta-se que a emergência da função social afasta a proposta do «extensionismo puro» pois, nele, a autonomia privada é um valor absoluto – ou, num sentido moderado, muito superior aos demais.

- *perspectiva da união*: baseia-se nos casos onde esses agregados encontram-se unidos a um *near-Earth asteroid*, que pode ser transportado integralmente para Terra.

A perspectiva do isolamento, por não conflitar tanto com os princípios internacionais, será trabalhada primeiro. Uma vez resolvida, será tratada a perspectiva da união, temática mais delicada em termos principiológicos. Provavelmente, por esses motivos, as legislações locais se focam naquela e não mencionam essa.

IV.1.1.1. *Res communis*

A primeira alternativa de alocação dos minérios espaciais como coisas apropriáveis é como *res communis*, como os corpos celestes, colocando a *humanidade* como proprietária.

A humanidade constitui um conjunto de mais de 7,5 bilhões de indivíduos e cada uma dessas pessoas pode usar, fruir, dispor e reivindicar os minérios espaciais de quaisquer asteroides ou da Lua. É uma proposta teoricamente inteligível e, em certa medida, demonstra preocupação com ideais igualitários e humanitários.

Contudo, na prática, é dificultoso conceber os poderes do direito de propriedade para a proprietária «humanidade» vista dessa maneira. As características dos minérios, sobretudo mobilidade e singularidade, os torna coisas de difícil ou impossível acesso para bilhões de proprietários – dentre esses, somente uma parcela ínfima é capaz de, por motivos econômicos, efetivamente, acessá-los e, entre os que são capazes, nem todos estão interessados nesse acesso. Esse obstáculo material transforma aqueles ideais em utopias dado que não é possível concretizá-los de modo pontual.

Há, porém, uma saída óbvia para contornar essa situação aparentemente impraticável: a consolidação de uma *agência de controle centralizada* que *representaria* a humanidade enquanto proprietária dos minérios espaciais. Essa organização internacional hipotética seria responsável pelos trâmites relativos à mineração espacial, incluindo a distribuição paritária de seus benefícios, e seria amparada, provavelmente, por «Estados-partes que financiariam os custos operacionais, a manutenção do pessoal e da sede, bem como o cumprimento das reuniões dos vários órgãos» (Leterre, 2017, p. 68).

Assim, os interesses materiais da humanidade advindos da dependência da mineração estariam devidamente resguardados. Porém, deve-se considerar que esses interesses já são providos pela mineração terrestre e inexistente uma agência centralizada da mesma natureza representando a humanidade. Isso possui motivações territoriais: em alguns Estados,

569

MINÉRIOS ESPACIAIS:
COISAS DE NINGUÉM
EM BENEFÍCIO DE
TODOS

eles mesmos são os proprietários desses recursos³², enquanto em outros esse direito é transferido diretamente para as empresas mineradoras. Portanto, há outras formas de vislumbrar a titularidade da mineração espacial para além da humanidade e uma delas é, justamente, pensá-la em termos de pessoas jurídicas, de direito público ou privado, que já existem e poderiam exercer o papel de agência centralizadora.

IV.1.1.2. *Bens públicos*

A segunda alternativa de alocação é como *bens públicos*³³, colocando um *Estado* como proprietário.

Um Estado é a representação jurídica de um país, tornando-o uma *agência de controle centralizada*, porém *local*, que representa, através de um governo soberano, os interesses dos habitantes de determinado espaço territorial terrestre – ou, genericamente, representa os «interesses nacionais». Como visto, em diversos países, os minérios são classificados como bens de domínio público e, por serem recursos básicos para seus desenvolvimentos econômicos, pertencem ao Estado, não ao proprietário do solo, eliminando a possibilidade de instituição de qualquer direito privado sobre eles.

Esse precedente jurídico torna a concepção dos minérios espaciais como bens públicos menos trabalhosa, na prática, do que a *res communis*. Afinal, o Estado é, em si mesmo, uma agência centralizadora bem consolidada, retirando a necessidade de criar outra do zero.

Porém, para que seja efetiva, a abordagem dos bens públicos deve partir do pressuposto de que os minérios que estão no espaço já seriam, previamente, propriedades de algum Estado «genérico» que só estariam esperando pelo representante de tal país pousar no objeto celeste onde se encontram para apropriar-se deles. Nesse sentido, a lógica da conquista se manteria no espaço: o primeiro país que chegar toma os recursos do local extraterrestre, que é de livre acesso para todos.

Essa ideia é problemática por um motivo substancial: mesmo que trate os minérios espaciais como coisas à parte dos objetos celestes, a violação aos fundamentos de P_1 é patente. Não há interesse comum que se sustente se os minérios forem tratados como propriedades prévias de um Estado cujos usos, fruições, disposições e reivindicações beneficiarão economicamente somente uma nação.

32 Geralmente essa informação encontra-se nas Constituições: e.g. art. 19, §24º, Constituição Chilena; art. 84, §1, c, Constituição Portuguesa; art. 176, caput, Constituição Brasileira.

33 «Bens jurídicos atribuídos à titularidade do Estado, submetidos a regime jurídico de direito público, necessários ao desempenho das funções públicas ou merecedores de proteção especial» (Justen, 2010, p. 1044).

Deve-se cogitar, também, o prejuízo futuro para Estados que não desenvolverão a mineração espacial nesse momento inicial, seja porque não possuem condições orçamentárias para impulsioná-la, seja porque possuem, mas não têm planos iminentes para essa atividade. Esses Estados dependeriam dos «Estados conquistadores» para prover seus recursos minerais, o que geraria uma ampla margem de desigualdade no terreno internacional.

Tal desigualdade, porém, não seria apenas entre Estados, pois também afetaria a relação público-privado, onde os interesses públicos prevaleceriam sobre os interesses privados, principalmente pensando num futuro em que a mineração terrestre fosse gradualmente substituída pela espacial e, por fim, totalmente substituída. Esse cenário poderia se aplicar ao velho espaço pois os Estados eram os atores principais, mas não condiz com o novo espaço, período de incorporação das empresas no ramo espacial.

IV.1.1.3. *Bens privados*

A terceira alternativa de alocação é como *bens privados*, colocando uma *empresa* ou um *indivíduo* como proprietário.

Assim como o Estado, a empresa seria uma *agência de controle centralizada local*, mas que representa os interesses de um conjunto de pessoas físicas reunidas para perseguir determinados fins econômicos. Quanto ao indivíduo, a expressão «agência» não é adequada, embora não se possa negar que, tratando-se especificamente da mineração espacial, ele seja, inevitavelmente, detentor de grande patrimônio acumulado, ou seja, ainda existe algo centralizado em si, o poder econômico³⁴.

Como visto, em alguns países, os minérios são explorados por empresas privadas que obtêm grande parte dos poderes do direito de propriedade – uso, fruição e disposição, principalmente. E, como no cenário anterior, retrata um precedente jurídico onde a abordagem dos bens privados deve partir do pressuposto de que os minérios que estão no espaço já seriam, previamente, propriedades de algum ente privado «genérico» que só estariam esperando pelo representante dessa empresa ou indivíduo pousar no objeto celeste no qual se encontram para apropriar-se deles, seguindo a lógica da conquista espacial: a primeira empresa ou o primeiro indivíduo que chegar, toma os recursos.

Essas similaridades apontam para os mesmos problemas anteriores: violação patente dos fundamentos principiológicos internacionais – o interesse comum estaria comprometido se todos os benefícios

34 Na prática, a possibilidade de uma pessoa física ser capaz de dispor da estrutura necessária para realizar a mineração espacial é remota, mas, em tese, inexistem impedimentos para que qualquer bilionário invista, sozinho, num empreendimento desse porte.

econômicos fossem somente para uma empresa ou um indivíduo –; prejuízo futuro para empresas posteriores; e desigualdade econômica entre empresas.

Além disso, há a retomada do problema da relação público-privado, mas em sentido contrário: os interesses privados prevaleceriam sobre os interesses públicos. Nesse sentido, deve-se pensar nos países que não possuem empresas privadas desse tipo e que necessitariam da representação estatal para obter algum benefício advindo da mineração espacial: nesse caso, os Estados se sujeitariam às exigências das empresas ou do indivíduo, o que poderia levar à uma condição de dominação indesejada.

Portanto, embora esse cenário se adeque melhor ao novo espaço, deve-se considerar a necessidade de encontrar uma solução para o problema público-privado de modo que os princípios norteadores do direito espacial permaneçam estáveis.

IV.1.1.4. *Res nullius*

A quarta alternativa de alocação é como *res nullius*, colocando *ninguém* como proprietário num primeiro momento e *qualquer pessoa* – física, jurídica de direito público ou jurídica de direito privado – como proprietária posteriormente.

Seguindo P_4 , os corpos celestes continuariam sendo *bens de todos*, enquanto os minérios espaciais seriam *coisas sem dono prévio*. A lógica na qual um território *res communis* «convive harmoniosamente» com recursos *res nullius* apropriáveis por qualquer pessoa possui, além da analogia do alto-mar, um precedente terrestre bem-sucedido: no Canadá, «os direitos de superfície e minerais na mesma propriedade podem ser detidos por diferentes proprietários para diferentes minerais/ produtos finais» (Haldrar, 2018, p. 15). Esse modo de perceber o solo terrestre que contém minérios e aqueles que são passíveis de apropriação pode ser plenamente transferido para o tratamento do solo espacial.

A abordagem *res nullius* difere da de *res communis* porque dispensa a exigência de uma agência de controle internacional para cuidar deles – esse papel seria, propriamente, do proprietário, que representaria uma agência local, pública ou privada, ou seria um indivíduo. Distingue-se, também, das abordagens de bens públicos e bens privados pois elimina o pressuposto de que as coisas que estão no espaço já seriam, previamente, propriedades de alguém específico. Nessa perspectiva, elas são, apenas, recursos potencialmente econômicos que se encontram no espaço extra-atmosférico.

A lógica da conquista, porém, ainda se aplica, bem como seus problemas de benefícios unilaterais. Contudo, essa lógica ocorre de forma mais

equânime pois *qualquer um* pode ser aquele que chegará primeiro, inexistindo barreiras representativas que impeçam a conquista espacial. Assim, o que essa abordagem não consegue resolver é a ofensa a P_1 , dado que, como as duas anteriores, não há nada que obrigue o proprietário a perceber seus lucros de modo compartilhado, beneficiando a todos, como o direito espacial prediz.

Ainda assim, entre todas, é a abordagem mais adequada à dinâmica do novo espaço, onde os interesses públicos e privados, ao invés de conflituarem, harmonizam-se, como pode-se depreender da LEURE, que favorece empresas nacionais e estrangeiras ao passo que busca consolidar Luxemburgo como pioneiro na mineração espacial. Esse funcionamento harmônico-dinâmico visando o mesmo resultado instrumental, desejado simultaneamente por entes públicos e privados (Barnes, 2009, pp. 121-122), torna mais exequível a aplicação do direito de propriedade no contexto da mineração espacial. Além disso, o reconhecimento dos proprietários torna as questões futuras de responsabilidade, incluindo a ambiental, terrestre e espacial, mais claras e passíveis de resolução – diferentemente da adoção da abstração «humanidade», «onde, por definição, todos se sentem autorizados, mas ninguém se sente verdadeiramente responsável» (von der Dunk, 2015, pp. 55-56).

Resta, portanto, resolver a questão principiológica violada: como seria possível manter, simultaneamente, o interesse comum e interesses tão restritos? Esse questionamento leva a reflexões acerca dos proventos da mineração espacial. Porém, antes de apresentá-las, é preciso tratar outro problema remanescente, também de ordem principiológica: o direito de propriedade sobre minérios unidos a asteroides.

IV.1.2. Minérios unidos a asteroides

A questão dos asteroides que podem ser deslocados para a Terra para extração de seus minérios atinge diretamente P_4 : não é possível transportar um objeto celeste sem, de alguma forma, «apropriar-se» dele, o que é expressamente proibido pelo Tratado de 1967 e, até hoje, respeitado solenemente por todos os países e empresas que operam nas atividades espaciais.

Para resolver esse problema pode-se recorrer ao acréscimo de uma única e exclusiva exceção ao art. II do Tratado, onde seu enunciado poderia ser assim transcrito: «o espaço exterior, incluindo a lua e outros corpos celestes, não está sujeito à apropriação nacional por reivindicação de soberania, por meio de uso ou ocupação, ou por qualquer outro meio, exceto no caso de transporte de asteroides para fins de extração mineral na Terra»³⁵.

35 Saliencia-se que alterações no Tratado estão previstas no art. XV: «Qualquer Estado-Parte no Tratado poderá propor emendas a este Tratado».

Não seria uma violação a P_4 , mas mera exceção fundamentada numa *conditio sine qua non* que ocorre em «efeito cascata»: para que os minérios do asteroide sejam aproveitados na Terra é preciso que ele seja, antes, transportado e, para ser transportado, é preciso que alguém o faça e, para que essa operação seja feita, é inevitável que o transportador aproprie-se dele. Dessa forma, os corpos celestes continuariam inapropriáveis para todos os fins enquanto estivessem em suas órbitas e apenas um tipo desses objetos seria apropriável – *near-Earth asteroids* – para uma finalidade única – a mineração.

Para que essa ideia seja mais admissível, propõe-se que o transporte esteja vinculado a condições específicas que garantam que os benefícios comuns superem o dano de violar o princípio em favor do proprietário do corpo celeste, o que retoma a questão dos proventos.

IV.2. Titularidade sobre proventos da mineração espacial

Ao elevar o espaço à dimensão de «província da humanidade», P_1 incita a ideia de que «somente a humanidade agindo coletivamente, [...], tem o direito de desfrutar dos benefícios derivados das atividades espaciais e estabelecer como compartilhá-los entre todas as nações» (Tronchetti, 2009, pp. 23-24). Essa interpretação leva muitos autores a descartar a hipótese *res nullius* e considerar a *res communis* como a mais apropriada. Contudo, como visto, é difícil, prática e estrategicamente, sustentar o sujeito «humanidade» como proprietário dos minérios espaciais e é mais viável lidar com sujeitos de direito já existentes para esse fim.

A dificuldade de dar protagonismo à humanidade na mineração espacial diminui, porém, ao considerar os *proventos* dessa atividade, ou seja, as vantagens econômico-financeiras obtidas através dela. Essa concepção pode ser aplicada ao reduzir um dos poderes do proprietário, a fruição, e aumentar sua limitação, a função social – no caso, uso, disposição e reivindicação permaneceriam exclusivos dele. Tais mineração e expansão devem ser proporcionais de modo que ambos, proprietário e beneficiária, tenham seus interesses satisfeitos.

Cumprido, então, entender como a dinâmica dos proventos operaria.

IV.2.1. Particulares e estado

Naturalmente, os primeiros a fruírem com a exploração mineral espacial seriam aqueles que assumiram os riscos da atividade econômica, injetando capital para sua concretização. Portanto, na singular dinâmica de cooperação da mineração espacial, os indivíduos, empresas e Estados que se engajarão nessa atividade seriam os principais – mas não os únicos – fruidores de suas vantagens.

O prognóstico lucrativo da mineração espacial coloca-a num patamar bastante diferenciado em comparação com outros negócios já implementados porque remete a ganhos na casa dos trilhões, algo ainda inalcançado. Com proventos tão exorbitantes, inexistem motivos razoáveis para que pessoas trilionárias se recusem a arcar com custos milionários/bilionários de uma compensação comum³⁶, ainda mais se essa retribuição estiver fundamentada não somente numa norma jurídica internacional, mas em bases de cunho factual e moral, como as que se pretende construir com a *perspectiva de continuidade renovada*.

Diante disso, como efetivar essa transferência monetária e como delimitar sua destinação? No primeiro caso, como não se trata de criar uma organização internacional à parte para cuidar do acesso, para bilhões de pessoas, desses proventos, é necessário *criar condições jurídicas para que os proprietários o façam direta ou indiretamente*.

Uma maneira direta de conferir destinação social aos proventos seria através da criação do *dever de transferir* um percentual dos ganhos a obras ou projetos vinculados a questões humanitárias ou ambientais que, por sua vez, estariam relacionadas a problemas não resolvidos da mineração terrestre – no caso, iniciativas já existentes, como as voltadas à abolição do trabalho infantil nas minas em países asiáticos e africanos, ou que virão a existir, como as necessárias para reconstruir as cidades brasileiras afetadas pelos crimes ambientais da Vale –, sob pena de seu empreendimento exploratório ser impedido de continuar.

Se essa contribuição não for feita, o empreendimento exploratório será prejudicado em seu funcionamento. Porém, as sanções àqueles que não conferissem destinação social aos proventos seriam diversas, incluindo multas e outras limitações práticas – no caso mais drástico, de total descumprimento do dever, o proprietário poderia ter seus bens expropriados ou desapropriados³⁷ –, mas seriam administrativas, diferentemente da LEURE, que prevê, também, sanções penais³⁸.

Uma possibilidade indireta de atribuir função social aos proventos, aplicada apenas aos particulares, seria através da *tributação de imposto*³⁹, cuja alíquota poderia incidir sobre parcela do lucro obtido com a

36 Os custos da atividade não seriam um motivo razoável justamente diante de uma análise custo-benefício: a diferença entre ganhos e investimentos será enorme e positiva.

37 Na expropriação, o proprietário tem seus bens apropriados pela Administração Pública sem pagamento de indenização e ocorre nos casos de atos ilícitos. Na desapropriação, o proprietário é privado dos seus bens, mas é indenizado e ocorre nos casos de utilidade pública, necessidade pública ou interesse social por descumprimento da função social.

38 Como o direito penal é a *ultima ratio* para defender bens jurídicos, essa escolha baseia-se no pressuposto de que a mineração espacial seja incapaz, diretamente, de causar crimes ambientais, com resultados «morte» ou «destruição de ecossistema», como a mineração terrestre o faz. Caso isso ocorra futuramente, sanções penais devem ser adicionadas.

39 «Espécie tributária, cujo fato gerador independe de qualquer atividade do Estado, relacionada ao contribuinte, constituindo-se em dever fundamental de contribuir para os gastos gerais da coletividade» (Dimoulis, 2012, p. 321).

comercialização dos produtos decorrentes da mineração espacial. Como os Estados são os responsáveis pela arrecadação e destinação dos impostos, cada um, localmente, se comprometeria com o repasse do valor para obras e projetos ligados à mineração terrestre, caso ocorressem em outro Estado – geralmente, os países onde humanos e ecossistemas mais sofrem com a mineração não são os mesmos que investem na mineração espacial. Excepcionalmente, o valor arrecadado poderia ter outra destinação, como um fundo de combate à pobreza, por exemplo.

Assim, a criação de deveres jurídicos para os proprietários de minérios espaciais pode satisfazer plenamente as prerrogativas de P_1 ao passo que seus intentos lucrativos se mantêm resguardados.

IV.2.2. Humanidade

A segunda parte do questionamento colocado – delimitação do destino dos proventos da mineração espacial – foi pontualmente respondido – obras ou projetos ligados a questões humanitárias ou ambientais advindos de problemas não solucionados da mineração terrestre. Porém, é preciso explicar os fundamentos desse liame.

Assim como o sujeito «humanidade» é uma abstração de difícil correspondência prática, a beneficiária «humanidade» também é de complexa delimitação material, mas não pelos mesmos motivos: fixar bilhões de humanos como proprietários de algo que a maioria nunca poderá ter é diferente de demarcar problemas socioambientais que poderiam ser resolvidos com a aplicação de proventos externos. No primeiro caso, o apoio é forçoso pois não se pode individualizar proprietários, no segundo, é viável pois se pode demarcar causas.

O problema com a beneficiária é escolher *quais* questões socioambientais devem ter prevalência na ordem de benefícios⁴⁰. É nesse ponto que a *perspectiva de continuidade renovada* volta. Como a mineração terrestre, apesar de suas benesses, é bastante maléfica em termos humanitários/ambientais, e a mineração espacial é uma nova oportunidade de exercer essa mesma atividade e obter essas mesmas benesses – ou seja, de *dar continuidade ao que já é feito* – sem a previsão de repetir esses malefícios – pelo menos não no mesmo grau, sendo uma *renovação do que já é feito* –, considera-se razoável que sejam os problemas socioambientais gerados pela mineração terrestre os prioritários na aplicação dos proventos da mineração espacial.

Se os investidores, particulares ou públicos, irão lucrar demasiadamente com uma atividade que já possui um histórico na Terra e terão um dever jurídico de repartir seus proventos, é aceitável que se trace uma conexão entre os três pontos: *lucro exorbitante + histórico da mineração + dever de*

40 Uma ponderação anterior a essa seria se existiria, efetivamente, uma hierarquia entre tais questões, porém, diante das finalidades do artigo, optou-se por não perpassar por ela.

compartilhar = proventos aplicados a problemas socioambientais ligados à mineração terrestre.

Na prática, independentemente de os minérios espaciais serem usados no espaço ou transportados para a Terra – isolados ou unidos a asteroides –, parte de seus proventos manteriam um nexo de comprometimento com as causas terrestres relacionadas à mineração. Assim, a continuidade se perfaz: seja para uso *in situ*, seja para uso na Terra, os minérios espaciais gerariam benesses para a população terrestre.

Porém, pode-se contestar que pessoas que minerarão no espaço não são responsáveis pelas mazelas humanitárias/ambientais geradas pelas pessoas que mineraram/mineram na Terra e que esse elo é mera construção teórica. Essa objeção é, em certa medida, correta porque, trata-se, efetivamente, de uma construção que, para ser aplicada, necessitaria de consenso, ou seja, não configura uma relação «natural», é um elo «produzido». Mas não é totalmente arbitrário⁴¹. Reitera-se que a atividade mineradora, seus objetivos e produtos finais são os mesmos, seja praticada no espaço, seja na Terra, por isso não se pode desconsiderar totalmente esse encadeamento de eventos – mineração terrestre seguida da mineração espacial.

Além disso, sugerir que parte dos proventos seja transferida para resolver questões socioambientais não é o mesmo que propor que seus responsáveis sejam eximidos de seus crimes e não tenham que arcar com os custos de suas resoluções. Uma coisa não implica a outra. Acontece que, em regiões afetadas pela mineração terrestre – como Brasil, Moçambique, Filipinas, Tanzânia e África do Sul –, esses problemas perduram no tempo e, conseqüentemente, pessoas e ecossistemas padecem por anos, sendo que uma ajuda externa atuaria para atenuá-los consideravelmente.

Deve-se considerar, igualmente, o momento em que a mineração espacial e a mineração terrestre coexistirão, sendo o período propício para a efetivação dessa cooperação internacional. Esse momento, porém, apresenta outra oportunidade: uma possível transferência das atividades de empresas que já mineram na Terra para as atividades espaciais. Assim, no cenário geral dos particulares, existiriam duas modalidades de empresas:

- Empresas mineradoras inicialmente terrestres (*empresas de transição*): aquelas que já causaram danos socioambientais, mas permutariam suas atividades para o espaço visando reduzir

⁴¹ Perceber a exigência de colaboração internacional sem um parâmetro definido é que seria, verdadeiramente, arbitrário, pois, ao deixar em aberto o repasse dos proventos, abrir-se-ia margem para possíveis atos corruptíveis: por exemplo, uma empresa poderia enviar seus proventos para uma «empresa fantasma», obtendo integralmente os lucros.

ou extinguir suas atividades na Terra e teriam como atrativo a perspectiva de maiores lucros;

- Empresas mineradoras inicialmente espaciais (*empresas precursoras*): aquelas que nunca causaram danos socioambientais antes de iniciarem suas atividades.

Ambos os tipos de empresas, para minerarem no espaço, incluindo a eventual apropriação de asteroides, teriam o dever de aplicar parte de seus proventos para reparar danos socioambientais causados pela mineração terrestre, mas em diferentes proporções:

- Empresas de transição: seu *percentual* seria *maior* pois são responsáveis diretas pelos danos;
- Empresas precursoras: seu *percentual* seria *menor* pois não são responsáveis pelos danos.

Essa possibilidade é triplamente engenhosa: (1^o) ainda beneficia os investidores do ramo terrestre, enquanto (2^o) provê um meio de forçá-los a arcar com seus deveres perante suas vítimas e (3^o) não sobrecarrega os investidores do ramo espacial, que poderão destinar seus proventos a outras causas.

Essa, porém, é apenas uma hipótese. Para todos os efeitos, a proposta da perspectiva de continuidade renovada para repassar os proventos advindos da mineração espacial é a prioritária, ou seja, deve acontecer independentemente dessa oportunidade ocorrer na prática. Dessa forma, os ideais igualitários e humanitários deixariam de ser utópicos e se tornariam exequíveis.

Por fim, quando a mineração terrestre for totalmente substituída pela mineração espacial, a destinação dos proventos pode ser alterada para outros problemas socioeconômicos, a serem delimitados por outra lógica.

V. CONCLUSÕES

O cenário base no qual a mineração espacial se insere revela-se nos seguintes fatos: (i) o extrativismo mineral é uma atividade indispensável para a humanidade; (ii) a mineração terrestre é duplamente prejudicial: para o meio ambiente e para muitos seres humanos; (iii) a mineração espacial pode substituir ou amenizar, em parte, os impactos da mineração terrestre; (iv) a mineração espacial é econômica e tecnologicamente viável; (v) a mineração espacial é duplamente funcional: para a inserção de novos recursos minerais na Terra e para a utilização de recursos dessa natureza *in situ*.

Diante dessas circunstâncias, o interesse pela mineração espacial, cada vez mais crescente, tanto por parte de empreendedores privados, quanto

por parte de Estados, levanta reflexões jurídicas, morais e lógicas acerca do direito de propriedade dos minérios espaciais e da titularidade sobre seus proventos.

A conjuntura legal vigente que aborda essa problemática exhibe: (i) um tratado internacional – Outer Space Treaty – que apresenta os princípios gerais do direito espacial, mas não versa sobre a propriedade de recursos espaciais; (ii) duas legislações locais que são explícitas em considerar os minérios espaciais como plenamente apropriáveis, mas que divergem quanto aos seus proprietários – pessoas físicas, no caso da SPACE Atc, e pessoas jurídicas, no caso da LEURE. Já o contexto doutrinário envolto no assunto resume-se em três posicionamentos: (i) negacionismo, que não enxerga necessidade em discutir o direito de propriedade dos minérios espaciais; (ii) expansionismo, que defende que não só os minérios, como quaisquer objetos celestes, são passíveis de apropriação; (iii) analogismo, que considera adequada a transposição das disposições jurídicas acerca do alto-mar para as questões espaciais.

Os quadros político-normativos e acadêmico-doutrinários demonstram que não há, até o momento, definições claras quanto ao direito de propriedade sobre minérios espaciais. No entanto, as atividades minerárias espaciais são iminentes e demandam, com urgência: (i) uma legislação internacional específica em relação à mineração espacial; (ii) delimitações simultaneamente factíveis e benéficas quanto a esse direito, sob pena de que os erros do passado quanto às desconsiderações socioambientais se repitam.

Baseado nessas considerações, o presente estudo julgou como formas mais adequadas de vislumbrar o direito de propriedade dos minérios espaciais: (i) considerá-los como *res nullius*, coisas inicialmente de ninguém, mas que podem ser apropriáveis por quaisquer pessoas, físicas ou jurídicas, de direito público ou privado; (ii) sujeitar os proprietários a compartilhar parte dos proventos advindos da mineração espacial com a humanidade através de obras ou projetos referentes a problemas socioambientais ligados à mineração terrestre tomando a perspectiva de continuidade renovada como norteadora.

A abordagem *res nullius* é a mais satisfatória para o ambiente do novo espaço, onde entes públicos e privados trabalham juntos em prol de um objetivo comum, sendo garantido a cada explorador espacial, independentemente de sua origem, o direito de apropriação e, conseqüentemente, a liberdade econômica. Além disso, torna efetiva a factibilidade dos efeitos jurídicos desse direito pois não é necessário intervir com uma associação exclusiva, é necessário, tão somente, criar prerrogativas sociais para que qualquer pessoa possa minerar no espaço.

MINÉRIOS ESPACIAIS:
COISAS DE NINGUÉM
EM BENEFÍCIO DE
TODOS

Por advir de novas tecnologias, a mineração espacial é uma atividade original, mas é, igualmente, a continuidade de uma atividade já existente, há milhares de anos, na Terra, tornando-a original apenas em forma, não em conteúdo. Por estar, nesse sentido, vinculada ao atual contexto socioambiental da mineração terrestre, o direito de propriedade dos minérios espaciais deve levá-lo em consideração como modo de cumprir, com efetividade, os ditames de cooperação e pacificação internacionais que regem o direito espacial.

REFERÊNCIAS

ABC. (2016). *Luxembourg plans to pioneer asteroid mining*. Retirado de: <https://www.abc.net.au/news/2016-02-04/space-mining-plans-unveiled-by-luxembourg/7138380>

Ali, S. H., Giurco, D., Arndt, N., Nickless, E., Brown, G., Demetriades, A., Durrheim, R., Enriquez, M. A., Kinnaird, J., Littleboy, A., Meinert, L. D., Oberhänsli, R., Salem, J., Schodde, R., Schneider, G., Vidal, O. & Yakovleva, N. (2017). Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature*, 543, 367-372.

Antunes, P. B. (2016). *Direito Ambiental* (18ª ed.). São Paulo: Atlas.

Asterank. (s.a.). Retirado de: <https://www.asterank.com/>

Badescu, V. (Ed.). (2013). *Asteroids: prospective energy and material resources*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.

Barkai, R. (2011). The evolution of Neolithic and Chalcolithic woodworking tools and the intensification of human production: axes, adzes and chisels from the Southern Levant. In Davis, V. & Edmonds, M. (Ed.). *Stone Axe Studies III*. Oxford: Oxbow Books.

Barnes, R. (2009). *Property rights and natural resources*. Oxford, Portland: Hart Publishing.

Bernhardt, E. S. & Palmer, M. A. (2011). The environmental costs of mountaintop mining valley fill operations for aquatic ecosystems of the Central Appalachians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), 39-57.

Billings, L. (2017). *Who will build the world's first commercial space station?* Retirado de: <https://www.scientificamerican.com/article/who-will-build-the-world-s-first-commercial-space-station/>

Bloom, J. S. & Sigurdsson, S. (2017). A cosmic multimessenger gold rush. *Science*, 358(6361), 301-302.

Brenan, J. M. & McDonough, W. F. (2009). Core formation and metal-silicate fractionation of osmium and iridium from gold. *Nature Geoscience*, 2(11), 798-801.

Brünner, C. & Soucek, A. (2011). *Outer space in society, politics and law* (Studies in Space Policy, vol. 8). Wien, New York: Springer.

Calderon, J. (2018). *The tiny nation leading a new space race*. Retirado de: <http://www.bbc.com/future/story/20180716-the-tiny-nation-leading-a-new-space-race>

Christensen, I., Lange, I., Sowers, G., Abbud-Madrid, A. & Bazilian, M. (2019). New policies needed to advance space mining. *Issues in Science and Technology*, 35(2), 26-30.

Dimoulis, D. (2012). *Dicionário brasileiro de direito constitucional* (2ª ed.). São Paulo: Saraiva.

Donizetti, E. & Quintela, F. (2016). *Curso didático de direito civil* (5ª ed.). São Paulo: Atlas.

Elkins-Tanton, L. T. (2010). *Asteroids, meteorites, and comets* (edição revisitada). New York: Facts On File.

Elvis, M. (2013). Prospecting asteroid resources. In Badescu, V. (Ed.), *Asteroids: prospective energy and material resources*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.

ESA. (s.a.). *Our missions*. Retirado de: https://www.esa.int/ESA/Our_Missions

Fiúza, C. (2003). *Direito civil: curso completo* (6ª ed). Belo Horizonte: DelRey.

Foster, S. & Bonilla, D. (2011). The social function of property: a comparative law perspective. *Fordham Law Review*, 80, 101-113.

Freeland, S. (2017). Common heritage, not common law: how international law will regulate proposals to exploit space resources. *Questions of International Law, Zoom-in*, 35, 19-33.

Gabrynowicz, J. I. (1992). The «province» and «heritage» of mankind reconsidered: a new beginning. In Mendell, W. W. (Ed.). *NASA Conferences Publication 3166. The Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century*. (Volume 2: part 8).

Garcia, L. C., Ribeiro, D. B., Roque, F. O., Ochoa-Quintero, J. M. & Laurance, W. F. (2017). Brazil's worst mining disaster: Corporations must be compelled to pay the actual environmental costs. *Ecological Applications*, 27(1), 5-9.

Glaister, B. J. & Mudd, G. M. (2010). The environmental costs of platinum-PGM mining and sustainability: is the glass half-full or half-empty? *Minerals Engineering*, 23(5), 438-450.

Global Footprint Network. (s.a.). *Ecological footprint*. Retirado de: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>

Goh, G. M. (2007). *Dispute settlement in International Space Law: a multi-door courthouse for outer space*. Leiden, Boston: Martinus Nijhoff Publishers.

Gosen, B. S. V., Verplanck, P. L., Seal II, R. R., Long, K. R. & Gambogi, J. (2017). Rare-earth elements. In Schulz, K. J., DeYoung Jr, J. H., Seal II, R. R. & Bradley, D.

C. (Ed.), *Critical mineral resources of the United States - Economic and environmental geology and prospects for future supply*. Virginia: U.S. Geological Survey.

Grandl, W. & Bazzo, A. (2013). Near-earth asteroids – Prospection, orbit modification, mining and habitation. In Badescu, V. (Ed.), *Asteroids: prospective energy and material resources*. Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.

Haldar, S. K. (2018). *Mineral exploration: principles and applications* (2^a ed.). Oxford: Elsevier.

Human Rights Watch. (2013a). *Toxic toil: child labor and mercury exposure in Tanzania's small-scale gold mines*. Retirado de: https://www.hrw.org/sites/default/files/reports/tanzania0813_ForUpload_0.pdf

Human Rights Watch. (2013b). «What is a house without food?» *Mozambique's coal mining boom and resettlements*. Retirado de: https://www.hrw.org/sites/default/files/reports/mozambique0513_Upload_0.pdf

Ilo. (2006). *Baseline survey on child and adult workers in informal gold and fluorspar mining*. Retirado de: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-beijing/documents/publication/wcms_538141.pdf

ILO. (s.a). *Mining (coal; other mining) sector*. Retirado de: <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/mining/lang--en/index.htm>

Jakhu, R. S., Pelton, J. N. & Nyampong Y. O. M. (2017). *Space mining and its regulation*. Switzerland: Springer.

Jankowitsch, P. (2015). The background and history of space law. In Dunk, F. V. D. & Tronchetti, F. (Ed.), *Handbook of space law*. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar Publishing.

Justen, M., F. (2010). *Curso de Direito Administrativo* (5^a ed.). São Paulo: Saraiva.

Keszthelyi, L., Hagerty, J., Bowers, A., Ellefsen, K., Ridley, I., King, T., Trilling, D., Moskovitz, N. & Grundy, W. (2017). *Feasibility study for the quantitative assessment of mineral resources in asteroids*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2017-1041, 28.

Kim, S. (2017). *How do zero gravity planes work?* Retirado de: <https://www.telegraph.co.uk/travel/travel-truths/how-do-zero-gravity-planes-work-parabolic-flights/>

Koch, J. S. (2018). Institutional framework for the province of all mankind: lessons from the international seabed authority for the governance of commercial space mining. *Astropolitics*, 16(1), 1-27.

Lee, R. J. (2012). *Law and regulation of commercial mining of minerals in outer space (Space regulations library, vol. 7)*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer.

Leterre, G. (2017). *Providing a legal framework for sustainable space mining activities* (tese inédita do Mestrado em Espaço, Comunicação e Mídia). Universidade de Luxemburgo, Faculdade de Direito, Economia e Finanças.

Lewis, J. S. (2015). *Asteroid mining 101: wealth for the new space economy*. San José: Deep Space Industries.

Loff, S. (s.a.). *Apollo 11 mission overview*. Retirado de: https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo11.html

Mahoney, E. (2018). *In-situ resource utilization*. Retirado de: <https://www.nasa.gov/isru>

Mallick, S. & Rajagopalan, R. P. (2019). *If space is 'the province of mankind', who owns its resources? The potential of space mining and its legal implications*. Retirado de: https://www.orfonline.org/wp-content/uploads/2019/01/ORF_Occasional_Paper_182_Space_Mining.pdf

Marboe, I. (2016). Small is beautiful? Legal challenges of small satellites. In Sterns, P.M. & Tennen, L. I. (Ed.), *Private law, public law, metalaw and public policy in space: a liber amicorum in honor of Ernst Fasan*. Switzerland: Springer.

Massari, S., Ruberti, M. (2013). Rare earth elements as critical raw materials: focus on international markets and future strategies. *Resources Policy*, 38(1), 36-43.

McLeod, C. (2017). *Goldman Sachs says asteroid mining could actually happen*. Retirado de: <https://investingnews.com/daily/resource-investing/goldman-sachs-asteroid-mining/>

Mediavilla, D. (2019). *China consigue que una semilla de algodón brote en la Luna por primera vez*. Retirado de: https://elpais.com/elpais/2019/01/15/ciencia/1547542171_994570.html

Meyer, Z. (2010). Private Commercialization of space in na international regime: a proposal for a space district. *Northwestern Journal of International Law & Business*, 30(1), 241-261.

Musk, E. (2017). Making humans a multi-planetary species. *New Space*, 5(2), 46-61.

NASA. (s.a.). *Nasa spinoff: flyers, brochures, and other resources*. Retirado de: <https://spinoff.nasa.gov/resources.html>

Nelson, P. L. & Block, W. E. (2018). *Space capitalism: how humans will colonize planets, moons, and asteroids*. Switzerland: Palgrave Macmillan.

O'Hare, M. (2019). *Look inside the first luxury space hotel*. Retirado de: <https://edition.cnn.com/travel/article/aurora-station-luxury-space-hotel/index.html>

Pereira, D. C., Becker, L. Z. & Wildhagen, R. O. (2013). Comunidades atingidas por mineração e violação dos direitos humanos: cenários em Conceição do Mato Dentro. *Revista Ética e Filosofia Política*, 1(16), 124-150.

Pereira, D. M., Freitas, S. M. C., Guimarães, H. O. R. & Mângia, A. A. M. (2019). *Brumadinho: muito mais do que um desastre tecnológico*. Retirado de: https://www.researchgate.net/publication/331653523_Brumadinho_muito_mais_do_que_um_desastre_tecnologico

Pétrequin, P., Sheridan, A., Cassen, S., Errera, M., Gauthier, E., Klassen, L., Le Maux, N., Paillet, Y., Pétrequin, A.-M. & Rossy, M. (2011). Eclogite or jadeitite: The two colours involved in the transfer of alpine axeheads in western Europe. In Davis, V. & Edmonds, M. (Ed.). *Stone Axe Studies III*. Oxford: Oxbow Books.

Reinstein, E. J. (1999). Owning outer space. *Northwestern Journal of International Law & Business*, 20(1), 59-98.

Rimando, M. (2017). *See you at my «playground»: Tackling child labour in gold mining*. Retirado de: https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/features/WCMS_554948/lang-en/index.htm

Robbins, L. H. (2000). Astronomy and prehistory. In Selin, H. (Ed.). *Science across cultures: the history of non-western science* (Volume 1: Astronomy across cultures). Switzerland: Springer.

Rocio, M. A. R., Silva, M. M., Carvalho, P. S. L. & Cardoso, J. G. R. (2012). Terras-raras: situação atual e perspectivas. *BNDES Setorial Mineração*, 35, 369-420.

Roscosmos. (s.a.). *Space program: launches*. Retirado de: <http://en.roskosmos.ru/launch>

Ross, S. D. (2001). *Near-earth asteroid mining*. Retirado de: <https://space.nss.org/media/Near-Earth-Asteroid-Mining-Ross-2001.pdf>

Shammas, V. L. & Holen, T. B. (2019). *One giant leap for capitalistkind: private enterprise in outer space*. Retirado de: <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0218-9>

Skomorohov, R.; Hein, A. M. & Welch, C. (2016). *In-orbit spacecraft manufacturing: near-term business cases*. Retirado de: https://www.researchgate.net/publication/307607599_In-orbit_Spacecraft_Manufacturing_Near-Term_Business_Cases

Slomanson, W. R. (2011). *Fundamental perspectives on international law* (6^a ed.). Boston: Wadsworth Cengage Learning.

Soldatkin, V. (2019). *Russia wants to join Luxembourg in space mining*. Retirado de: <https://www.reuters.com/article/us-luxembourg-russia-space/russia-wants-to-join-luxembourg-in-space-mining-idUSKCN1QNI0Q>

Stems, P. M. & Tennen, L. I. (2003). Privateering and profiteering on the moon and other celestial bodies: debunking the myth of property rights in space. *Advances in Space Research*, 31(11), 2433-2440.

Tronchetti, F. (2013). *Fundamentals of space law and policy*. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer.

Tronchetti, F. (2009). *The exploitation of natural resources of the moon and other celestial bodies: a proposal for a legal regime*. Leiden, Boston: Martinus Nijhoff Publishers.

Vale. (2017). *Mineração*. Retirado de: <http://www.vale.com/brasil/pt/business/mining/paginas/default.aspx>

Von der Dunk, Frans. (2015). International space law. In Dunk, F. V. D. & Tronchetti, F. (Ed.), *Handbook of space law*. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar Publishing.

Wanderley, L. J., Mansur, M. S., Milanez, B. & Pinto, R. G. (2016). Desastre da Samarco/Vale/BHP no Vale do Rio Doce: aspectos econômicos, políticos e socio ambientais. *Ciência e Cultura*, 68(3), 30-35.

Winter, O. C. & Prado, A. F. B. A. (Ed.). (2007). *A conquista do espaço: do Sputnik à missão centenário*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Willbold, M., Elliott, T. & Moorbath, S. (2011). The tungsten isotopic composition of the Earth's mantle before the terminal bombardment. *Nature*, 477(7363), 195-198.

Wilson, J. (s.a.). *NASA Missions A-Z*. Retirado de: <https://www.nasa.gov/missions>

Regulamentos e legislações

American Space Technology for Exploring Resource Opportunities In Deep Space Act. EUA, 2014. Retirado de: <https://www.congress.gov/bill/113th-congress/house-bill/5063>

Constituição da República Federativa do Brasil. Brasil, 1988. Retirado de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

Constituição da República Portuguesa. Portugal, 1976. Retirado de: <https://www.parlamento.pt/Legislacao/paginas/constituicaoerepublicaportuguesa.aspx>

Constitución Política de la República de Chile. Chile, 1980. Retirado de: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=242302>

Loi du 20 juillet 2017 sur l'exploration et l'utilisation des ressources de l'espace. Luxemburgo, 2017. Retirado de: <http://legilux.public.lu/eli/etat/leg/loi/2017/07/20/a674/jo>

Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. United Nations, 1967. Retirado de: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outerspacetreaty.html>

U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act. EUA, 2015. Retirado de: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ90/PLAW-114publ90.pdf>

585

MINÉRIOS ESPACIAIS:
COISAS DE NINGUÉM
EM BENEFÍCIO DE
TODOS