

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

## MINERAÇÃO NO FUNDO DO MAR: O PREÇO AMBIENTAL DAS RIQUEZAS SUBMERSAS

## DEEP-SEA MINING: THE ENVIRONMENTAL COST OF SUBMERGED RICHES

**RVD**

Recebido em  
15.08.2024  
Aprovado em.  
17.09.2024

Júlia Maria Ramalho Lisboa<sup>1</sup>  
Cacilda Eliane Teixeira Morais<sup>2</sup>  
Marcelo Kokke<sup>3</sup>

### RESUMO

Este artigo analisa o impacto ambiental da mineração no fundo do mar, considerando a crescente demanda por recursos minerais e metais raros. O estudo adota uma abordagem metodológica indutiva, baseada em fontes bibliográficas e documentais. A pesquisa utiliza uma abordagem explicativa hipotético-dedutiva para compreender os riscos ambientais associados à mineração marinha, especialmente os riscos de desastres ambientais desconhecidos. Essa análise é fundamentada na teoria de Ulrich Beck e Anthony Giddens sobre os riscos globais e a modernidade reflexiva. O aumento do interesse por essa prática nos últimos anos ressalta a importância de avaliar cuidadosamente os benefícios econômicos em relação aos impactos ambientais, reconhecendo os potenciais danos irreversíveis aos ecossistemas marinhos.

**Palavras-chave:** Mineração submarina; Impactos ambientais; Sociedade de risco; Direito do mar; Direito dos desastres.

<sup>1</sup>Mestranda em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela Escola Superior Dom Helder Câmara. Graduada em Direito pela Escola Superior Dom Helder Câmara. Membro do grupo de pesquisa Instrumentos Econômicos de Desenvolvimento Sustentável. Estagiária de pós graduação no Instituto Brasileiro de Direito do Mar (IBDMAR). E-mail [juliaramalh@gmail.com](mailto:juliaramalh@gmail.com)

<sup>2</sup> Mestranda em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pela Escola Superior Dom Helder Câmara. Membro do grupo de pesquisa Instrumentos Econômicos de Desenvolvimento Sustentável. Graduada em Pedagogia pela Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC). Segunda graduação em Educação Especial pela UNIFAVENI. Pós graduada em Psicopedagogia e Educação Especial pela UNIFAVENI. E-mail [cacilda.teixeira@xn--educacao-7ta5a.mg.gov.br](mailto:cacilda.teixeira@xn--educacao-7ta5a.mg.gov.br)

<sup>3</sup> Pós-doutor em Direito Público - Ambiental pela Universidade de Santiago de Compostela – ES. Doutor e Mestre em Direito pela PUC-Rio. Especialista em processo constitucional. Pós-graduado em Ecologia e Monitoramento Ambiental. Procurador Federal da Advocacia-Geral da União. Professor da Faculdade Dom Helder Câmara. Professor colaborador da Escola da Advocacia-Geral da União. Membro da Associação dos Professores de Direito Ambiental do Brasil. E-mail [marcelokokke@yahoo.com.br](mailto:marcelokokke@yahoo.com.br)

**ABSTRACT:**

This article analyzes the environmental impact of deep-sea mining, considering the growing demand for mineral resources and rare metals. The study adopts an inductive methodological approach, based on bibliographic and documentary sources. The research employs a hypothetical-deductive explanatory approach to understand the environmental risks associated with marine mining, especially the risks of unknown environmental disasters. This analysis is grounded in Ulrich Beck and Anthony Giddens' theory on global risks and reflexive modernity. The increasing interest in this practice in recent years highlights the importance of carefully assessing the economic benefits in relation to environmental impacts, acknowledging the potential irreversible damage to marine ecosystems.

**Keywords:** Deep-sea mining; Environmental impacts; Risk society; Law of the sea; Disaster law.

**1 INTRODUÇÃO**

A contribuição da mineração ao longo da história é inquestionável, uma vez que não apenas fornece uma vasta gama de recursos minerais e matérias-primas, mas também desempenha um papel fundamental na economia global, sustentando setores-chave como a indústria, a construção civil e a fabricação de produtos diversos.

Nos últimos dez anos, houve um aumento significativo no interesse pela extração de recursos minerais encontrados nos fundos marinhos, especialmente através da mineração em águas profundas. Esse crescimento ressalta a contínua relevância da mineração na sociedade moderna. A demanda crescente por metais como zinco, cobalto e elementos metálicos raros reflete a necessidade de tais recursos em tecnologias emergentes, como energias renováveis, eletrônicos e veículos elétricos. A extração desses minerais e metais valiosos das profundezas oceânicas desperta crescente interesse devido aos seus potenciais benefícios econômicos. No entanto, é importante ressaltar que essa prática também acarreta riscos ambientais substanciais. Os desastres alarmantes associados à mineração marinha têm gerado preocupações significativas, visto que a exploração do leito oceânico pode resultar em danos graves e irreversíveis aos ecossistemas marinhos.

Embora seja inegável a importância da mineração para o progresso e desenvolvimento da sociedade, é crucial reconhecer que essa prática pode acarretar consequências devastadoras. Os desastres associados à mineração, especialmente em

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

ambientes marinhos, muitas vezes revelam riscos desconhecidos e impactos ambientais irreversíveis; dessa forma, é essencial ponderar entre os benefícios econômicos e os impactos ambientais, lembrando-nos de que cada decisão molda não apenas o nosso futuro, mas também o do nosso planeta. O artigo propõe uma base referencial de avaliação de gestão de risco, assim como critérios de governança na elaboração de projetos e desenvolvimento de sua execução. Intenta-se, deste modo, proporcionar reflexão de bases avaliativas para evitar uma corrida marinha desenfreada, com riscos ecossistêmicos, alimentares e econômicos como um todo.

## 2 AS PROFUNDEZAS DESCONHECIDAS

Comparativamente, viajar pelo espaço é frequentemente considerado uma empreitada menos desafiadora do que adentrar nas profundezas oceânicas. Os seres humanos não têm as adaptações biológicas adequadas para habitar ou se desenvolver em ambientes aquáticos, faltando-lhes as habilidades fundamentais para sobreviver nesses meios.

Embora a exploração da superfície oceânica tenha ocorrido ao longo de milênios, apenas aproximadamente 20% do fundo marinho foi mapeado de forma detalhada (NOAA, 2022). Enquanto doze astronautas acumularam um total coletivo de 300 horas na superfície lunar, apenas três indivíduos tiveram a oportunidade de explorar o Challenger Deep, o ponto mais profundo conhecido do fundo do mar, durante aproximadamente três horas, conforme relatado pela Woods Hole Oceanographic Institution (CNN, 2023).

A limitação da exploração humana nas profundezas oceânicas decorre da natureza desafiadora das pressões crescentes e do ambiente de baixa visibilidade, associado a temperaturas extremamente frias. A luminosidade é escassa abaixo de 200 metros, tornando-se completamente ausente abaixo de 1000 metros. À medida que a profundidade aumenta, a pressão atmosférica cresce em aproximadamente 1 kg/cm<sup>2</sup> a cada 10 metros (Biazon; Sumida, 2021), impondo dificuldades significativas às expedições submarinas. Além disso, com uma salinidade em torno de 1028 gramas por litro e uma temperatura constante em torno de 4°C (Biazon; Sumida, 2021), esses

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

ambientes desafiadores continuam a intrigar cientistas, exigindo o desenvolvimento contínuo de tecnologias avançadas para desvendar seus mistérios.

Nos últimos anos, os avanços na tecnologia robótica têm revolucionado a exploração dos oceanos, permitindo superar desafios logísticos significativos e expandir nosso conhecimento sobre as profundezas marinhas. O avanço da inteligência artificial, combinado com os potenciais da robótica são essenciais para se compreender a escalada intensa e previsível que a mineração marinha pode alcançar. Se no passado recente os níveis de dificuldade humana de acesso aos recursos minerais marinhos assim como o custo econômico tornavam a atividade proibitiva, o avanço tecnológico e os ganhos almejados em face da redução de custos de exploração podem desencadear verdadeira corrida minerária ao fundo dos oceanos.

Robôs submarinos, capazes de mergulhar, capturar imagens e coletar dados em locais remotos, têm revelado que as profundezas oceânicas representam a última e mais desafiadora fronteira a ser explorada na Terra, um ambiente cujas complexidades vão além da simples presença de água (Biazon; Sumida, 2021). Contudo, essa nova capacidade de exploração traz consigo um alerta crucial: a exploração imprudente dos fundos marinhos, ainda amplamente desconhecidos e inexplorados, pode acarretar danos de proporções inimagináveis para a humanidade. Outro desafio que se soma é a interligação de potencialidade de danos transfronteiriços oriundos da exploração de recursos minerais nos oceanos, somada a uma verdadeira ganha multifatorial de ausência de regulação em se tratando de espaços internacionais. Além disso, os desafios de fiscalização e de exercício regulatório ou sancionatório se afiguram ainda mais complexos em face dos impactos previsíveis em sua potencialidade.

Explorar esses ambientes, em os devidos marcos regulatórios e bases de seu exercício fiscalizatório e de governança, assim como sem a cautela necessária e sem compreender os ecossistemas delicados e complexos que os compõem, pode levar a consequências ambientais catastróficas. As profundezas do mar, com seus mistérios e interconexões vitais com os sistemas globais da Terra, exigem uma conduta responsável para evitar danos de uma magnitude nunca testemunhada pelo ser humano. Portanto, se a tecnologia permite explorar novos horizontes, é imperativo que

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

essa exploração seja conduzida com prudência e respeito aos ecossistemas submarinos para evitar impactos irreversíveis, sob matrizes regulatórias ambientais de gestão nacional e internacional, apta a fazer face aos desafios e riscos visualizados em sua execução.

### 3 AS RIQUEZAS SUBMARINAS E OS DESAFIOS DA RIGIDEZ LOCACIONAL

A rigidez locacional é uma característica que diferencia o minério de outros recursos naturais (Viana, 2012), pois determina que as atividades minerárias devem ser realizadas onde os depósitos minerais foram naturalmente formados. No contexto dos depósitos submarinos, a rigidez locacional é particularmente evidente. Estima-se que, a milhares de metros abaixo da superfície oceânica, existam valiosos depósitos de minerais como manganês, cobalto, níquel, cobre, lítio e outros elementos raros (Greenpeace, 2023) que se acumularam ao longo de milênios. Esses depósitos não podem ser realocados e só podem ser explorados em seus locais específicos na crosta terrestre, destacando ainda mais a restrição imposta pela rigidez locacional, que limita a liberdade dos empreendedores de escolherem o local das operações produtivas (Araújo; Morais, 2016). Dessa forma, a atividade muitas vezes se desenvolve em regiões ambientalmente sensíveis e importantes, tornando-a mais perigosa e a recuperação das áreas degradadas ainda mais desafiadora.

Esse ponto é de extrema sensibilidade quando se pensa em exploração de recursos minerais. Se na superfície há uma imediata e clara perspectiva, sob o ângulo regulatório, de recuperação de áreas degradadas pela exploração, situação idêntica não ocorre no âmbito marinho. O caráter paisagístico da área impactada, ausente das vistas sociais, pode levar a uma identificação de área explorada como área abandonada, além de que os cursos de descaracterização podem mesmo serem perdidos em configuração.

Os depósitos de minério, conhecidos como nódulos polimetálicos, são compostos por diversos metais em formatos arredondados, variando de tamanho desde micronódulos até nódulos de 20 cm de diâmetro, com tamanhos mais comuns entre

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

dois e oito centímetros, semelhantes a batatas (Greenpeace, 2023). Localizados em fundos oceânicos planos e não aderidos ao sedimento subjacente, esses nódulos possuem grande potencial econômico. A criação da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) em 1984 instituiu um marco importante no estabelecimento de normas internacionais para a proteção e gestão dos recursos minerais encontrados em águas profundas (Veiga, 2020). Essa convenção regula o acesso aos recursos minerais marítimos, incluindo os nódulos polimetálicos, que, embora inicialmente pareçam mais acessíveis para extração em comparação com outros recursos da crosta oceânica profunda, enfrentam desafios significativos durante a exploração (Barriga, 2019).

Em relação à vinculação do ordenamento jurídico brasileiro, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, elaborada em Montego Bay, Jamaica, foi promulgada pelo Decreto 99.165, de 12 de março de 1990. O Decreto 1.530, de 22 de junho de 1995, expressou em seu artigo 1º que fica declarado que a a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 10 de dezembro de 1982, entrou em vigor internacional e para o Brasil em 16 de novembro de 1994, de conformidade com o seu art. 308, parágrafo 1. Há uma série de disposições regulatórias na Convenção a disciplinar recursos minerais marítimos.

O artigo 77 da Convenção dispõe sobre os Direitos do Estado costeiro sobre a plataforma continental, reconhecendo que o Estado costeiro exerce direitos de soberania sobre a plataforma continental para efeitos de exploração e aproveitamento dos seus recursos naturais, não significando a ausência de exploração permissão tácita para exploração de terceiros. Importante aqui a definição de área. O artigo 1, item 1.1., define como área o leito do mar, os fundos marinhos, e seu subsolo além dos limites da jurisdição nacional. Assim, há uma duplicidade de regime jurídico centrada no exercício da soberania.

Em sequência, o artigo 136 da Convenção determina que a área e seus recursos são patrimônio comum da humanidade. Dessa forma, os recursos minerais marinhos são configurados como patrimônio comum da humanidade, donde sua exploração assume níveis de regulação diversos da exploração de recursos minerais desenvolvida

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

pelos Estados nacionais em seus territórios. O artigo 137 estabelece o regime jurídico para a exploração e sua legitimidade:

#### ARTIGO 137

##### Regime jurídico da Área e dos seus recursos

1. Nenhum estado pode reivindicar ou exercer soberania ou direitos de soberania sobre qualquer parte da Área ou seus recursos; nenhum Estado ou pessoa física ou jurídica pode apropriar-se de qualquer parte da Área ou dos seus recursos. Não serão reconhecidos tal reivindicação ou exercício de soberania ou direitos de soberania nem tal apropriação.
2. Todos os direitos sobre os recursos da Área pertencem à humanidade em geral, em cujo nome, atuará a Autoridade. Esses recursos são inalienáveis. No entanto, os minerais extraídos da Área só poderão ser alienados de conformidade com a presente Parte e com as normas, regulamentos e procedimentos da Autoridade.
3. Nenhum Estado ou pessoa física ou jurídica poderá reivindicar, adquirir ou exercer direitos relativos aos minerais extraídos da Área, a não ser de conformidade com a presente Parte. De outro modo, não serão reconhecidos tal reivindicação, aquisição ou exercício de direitos.

A Autoridade mencionada diz respeito à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos, que é composta pelos Estados Partes, conforme o artigo 156. Em integração, tem-se o critério de determinação de responsabilidades assumido pela Convenção. O artigo 139 atribui obrigação de zelar pelo cumprimento e responsabilidade sobre danos. Determina que os Estados Partes ficam obrigados a zelar para que as atividades na Área, realizadas quer por Estados Partes, quer por empresas estatais ou por pessoas físicas ou jurídicas que possuam a nacionalidade dos Estados Partes ou se encontrem sob o controle efetivo desses Estados ou dos seus nacionais, sejam realizadas de conformidade com a presente Parte. A mesma obrigação incube às organizações internacionais por atividades que realizem na Área.

O simples fato de haver exploração fora das previsões dispostas já acarreta dano e implica responsabilidade. Assim, os Estados Partes ou organizações internacionais que atuem em comum serão conjunta e solidariamente responsáveis. Entretanto, abre-se espaço para que o Estado não seja responsável se a atividade foi realizada para além de seu dever de cuidado, para além de sua *due diligence*. O problema se acentua quando se trata de organizações ou pessoas jurídicas com sede ou lastro jurídico



<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

indefinido ou multifacetário, a abrir espaço para explorações juridicamente clandestinas, mas apuradas faticamente.

O artigo 145 da Convenção atribui à Autoridade um dever de normatização relativo às intervenções na Área, em favor da prevenção e controle de atividades que tenham efeitos nocivos aos ecossistemas marinhos, inclusive relativas a a perfuração, dragagem, escavações, lançamento de detritos, construção e funcionamento ou manutenção de instalações, dutos e outros dispositivos relacionados com tais atividades. Entretanto a própria Convenção estabelece uma pretensão de elevação da exploração dos recursos minerais presentes na Área. O artigo 150, relativo às Políticas Gerais relativas às atividades na Área, em seu item 1.e, determina o fomento da atividade econômica e de um padrão (indefinido) de desenvolvimento, pelo qual se visa assegurar o aumento da disponibilidade dos minerais provenientes da Área, na medida necessária para, juntamente com os obtidos de outras fontes, assegurar o abastecimento aos consumidores de tais minerais.

A Convenção não estabelece uma vedação a priori de tipos de exploração ou intervenção, nem mesmo pontua critérios justificadores para que se proceda às atividades minerárias na Área em face de possíveis usos que não se afigurem como justificáveis em uma relação de custo-benefício ecológico-econômico. Apesar do Anexo III da Convenção estabelecer condições básicas para a prospecção, exploração e aproveitamento de recursos minerais, a lógica assumida é de fomento e os critérios são remetidos às circunstâncias concretas, sem elementos de triagem normativa clara. Dessa forma, não se tem, tal como no direito interno brasileiro, categorização de exclusões prévias de áreas em função de sua relevância ecológica, tal como não se tem uma determinação de uso de tecnologia definida como de menor impacto.

O artigo 2º da Convenção determina que a prospecção só deve ser realizada quando a Autoridade tiver recebido do prospector proponente um compromisso escrito satisfatório de que ele cumprirá com a presente Convenção, bem como com as normas, regulamentos e procedimentos da Autoridade relativos à cooperação nos programas de formação previstos na própria Convenção, assim como de programas de proteção do meio marinho. As aberturas exploratórias deixam aberto inclusive deveres de gestão de

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

risco e avaliação tecnológicas por parte de órgãos e instituições externos, além de se ter como não incluídas em avaliação áreas sujeitas a potenciais danos transfronteiriços.

Além dos desafios de localização, a exploração de nódulos polimetálicos também enfrenta barreiras tecnológicas e ambientais significativas. A profundidade e as condições extremas do oceano dificultam o desenvolvimento de tecnologias adequadas para a extração desses recursos. A falta de oxigênio, as baixas temperaturas e a alta pressão representam obstáculos técnicos que exigem avanços substanciais na engenharia e na robótica subaquática para que a exploração ocorra de forma segura.

As atividades de mineração, como já destacado, podem ocorrer tanto em áreas costeiras continentais quanto no oceano (Gomes et al., 2000). Contudo, a extração de nódulos polimetálicos em regiões oceânicas pode gerar distúrbios significativos nos ecossistemas marinhos. A remoção dos nódulos e a alteração do sedimento têm o potencial de destruir habitats bentônicos e causar impactos adversos na diversidade biológica local, incluindo espécies ainda não documentadas. Além disso, os efeitos geológicos da atividade de mineração são notáveis, pois expõem os minerais à água do mar, resultando na oxidação de sulfetos e na liberação de metais pesados na coluna d'água. Tais impactos se estendem para além das áreas mineradas; a dispersão de íons metálicos pode afetar tanto as proximidades quanto ambientes mais distantes (Veiga, 2020).

Portanto, a exploração de nódulos polimetálicos em áreas oceânicas não apenas representa um desafio tecnológico e ambiental significativo, mas também demanda cautela e considerações cuidadosas para mitigar os impactos adversos sobre os ecossistemas marinhos e as comunidades dependentes desses recursos.

#### **4 RISCOS OCULTOS E PROPENSÃO A DESASTRES NA MINERAÇÃO SUBMARINA: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DE GIDDENS E BECK**

A exploração dos recursos minerais marinhos, assim como a mineração convencional e outras atividades humanas, acarreta uma vasta gama de impactos ambientais negativos, muitos dos quais ainda são pouco compreendidos (Lisboa;

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

Toledo, 2023). As atividades de mineração geram tanto impactos diretos quanto indiretos no ambiente marinho. Essas operações transformam o ambiente físico e podem causar danos significativos à fauna e flora locais (Gomes et al., 2000). Além disso, a dispersão de sedimentos e a liberação de substâncias tóxicas durante os processos de extração e processamento podem ter efeitos devastadores de longo prazo, perturbando os ecossistemas marinhos e alterando a qualidade da água de forma irreversível.

O despejo de rejeitos no mar é outra prática que amplia os impactos negativos da mineração marinha. Este descarte ocorre tanto em áreas rasas quanto em regiões profundas, com exemplos notáveis em países como Canadá, Filipinas e Papua Nova Guiné (Gomes et al., 2000). Normalmente, o despejo em regiões profundas é realizado através de tubulações, onde o material é transportado como uma corrente de turbidez, caracterizada por uma baixa dispersão no ambiente marinho. Essas correntes de turbidez causam o soterramento de organismos bentônicos, impactando diretamente os habitats do fundo do mar. (Gomes et al., 2000).

Não obstante aos impactos negativos conhecidos e documentados do despejo de rejeitos no mar, como o soterramento de organismos bentônicos e a modificação dos habitats marinhos, há ainda a possibilidade de outros efeitos adversos que permanecem desconhecidos. A complexidade dos ecossistemas marinhos, aliada à falta de estudos, sugere que as práticas de mineração e descarte de resíduos podem provocar consequências imprevistas e não documentadas até o momento. Soma-se a isso a problemática de definição e determinação cogente de realização de estudos ambientais e avaliações de impacto com teor preventivo e operacional em face dos tipos de recursos minerais e das tecnologias a serem utilizadas, além de ponderar quanto aos efetivos ganhos quanto à própria extração em si.

Mais de 90% dos habitats que sustentam a vida no planeta estão localizados nos oceanos (Lisboa; Toledo, 2023). Essa vasta diversidade biológica, presente em diferentes níveis de profundidade e ecossistemas únicos, desempenha um papel crucial no equilíbrio ambiental global. Considerando a complexa biodiversidade presente nos ecossistemas marinhos, os impactos negativos da mineração no fundo do mar tendem

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

a ser significativamente mais graves em comparação com os danos causados pela mineração terrestre (Lisboa; Toledo, 2023).

A partir da perspectiva de Ulrich Beck e sua teoria da "Sociedade de Risco", a era contemporânea é marcada pela produção de riscos que não são mais localizados ou facilmente controláveis, mas que se expandem em uma escala global, trazendo implicações desconhecidas e incalculáveis (Beck, 2011). A mineração submarina é um exemplo claro desse conceito, pois envolve a extração de recursos em ambientes que ainda são amplamente inexplorados e mal compreendidos. A potencial destruição de ecossistemas únicos e a liberação de poluentes, com repercussões globais, representam riscos que transcendem fronteiras geográficas e possuem o potencial de causar danos irreversíveis. Esses riscos não são apenas ecológicos, mas também sociais e econômicos (Beck, 2011), afetando a subsistência de comunidades costeiras e a estabilidade dos sistemas marinhos.

A abordagem de Beck sugere que, em vez de serem incidentes isolados, os perigos da mineração submarina são representativos de uma nova era onde os impactos das ações humanas geram consequências de magnitude global e desconhecida. Essa construção fornece bases para a formação de um critério negativo de possibilidade, a escorar decisões de não exploração e de não sujeição a risco, além de fixação em termos discursivo e plural, tanto por Estados quanto por coletividades, de elaborações de análise de risco e estudos ambientais mínimos para qualquer intervenção para exploração de recursos minerais em fundos marinhos.

Complementando essa visão, a teoria de Anthony Giddens, com seu conceito de "modernidade reflexiva", reforça a necessidade de uma conscientização e gestão contínua dos riscos produzidos pelas atividades humanas. Giddens (2007) argumenta que a sociedade moderna é caracterizada pela avaliação constante dos riscos gerados pelas próprias ações humanas, que devem ser gerenciados de forma crítica e reflexiva. A mineração submarina, com seus potenciais impactos devastadores em ecossistemas marinhos ainda pouco compreendidos, exemplifica a necessidade de uma análise profunda sobre as consequências das tecnologias modernas.

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

Segundo Giddens (2007), a globalização e a interconexão dos sistemas econômicos e ecológicos significam que os riscos não são confinados a uma única área geográfica, mas possuem ramificações globais. Assim, a mineração submarina não deve ser encarada apenas como uma oportunidade econômica, mas também como um desafio ético que demanda uma reflexão cuidadosa sobre seus possíveis impactos de longo prazo, com o objetivo de mitigar riscos ambientais e sociais que podem comprometer a sustentabilidade global. Giddens nos lembra que a modernidade deve ser acompanhada por uma responsabilidade reflexiva, onde os benefícios econômicos são equilibrados com a preservação do meio ambiente e a proteção das futuras gerações.

Nessa linha, Giddens delineaia riscos específicos engatilhados pela modernidade, com destaque para a globalização do risco, pela qual há “expansão da quantidade de eventos contingentes que afetam a todos ou ao menos grande quantidade de pessoas no planeta” (1991, p. 137). Há aqui um dever de conter o que Beck chama de autorrisco (2012, p. 259). As intervenções em ambientes sensíveis e de proliferação de riscos e efeitos precisam ter em ponto que o “efeito colateral, não a racionalidade instrumental, está se tornando o motor da história social”. (Beck, 2012, p. 2690. Ao considerar essas duas perspectivas teóricas em conjunto, fica claro que a mineração submarina representa um paradigma de risco moderno, onde a complexidade e a interconexão dos sistemas globais exigem uma abordagem responsável e reflexiva para garantir que as ações de hoje não comprometam a viabilidade ecológica e econômica do futuro. Beck e Giddens alertam para a necessidade urgente de reconhecer e gerenciar os riscos em uma era onde as fronteiras entre os impactos locais e globais se tornam cada vez mais tênues, e onde a responsabilidade ética é crucial para a sustentabilidade da civilização humana.

Se os influxos de impactos ambientais precisam ser considerados, as gerações de causas para contribuir ou desencadear desastres ambientais também devem ser ponderadas internamente às avaliações de intervenção na Área para fins de exploração minerária. Na sociedade contemporânea, os desafios se apresentam em esferas públicas, privadas e coletivas, exigindo decisões estratégicas sobre novas espécies ou

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

grupos de riscos. As escolhas feitas nessas áreas têm implicações não apenas imediatas, mas também para as futuras gerações (Damacena, 2012).

Como mencionado anteriormente, a preservação do ambiente marinho é crucial, especialmente diante dos riscos desconhecidos e ameaçadores associados à mineração submarina. A incerteza em face dos impactos exploratórios deve ser tomada em conta nas múltiplas faces disciplinares de avaliação científica. Agrega-se aqui a contribuição do Direito dos Desastres, que, aplicado de maneira eficaz, pode servir como uma poderosa ferramenta para assegurar que a mineração submarina seja conduzida com responsabilidade, minimizando os impactos ambientais. Embora seja inviável alcançar uma exploração totalmente sustentável, esse campo jurídico fornece um arcabouço para mitigar os danos potenciais e promover uma utilização mais consciente dos recursos marinhos (Damacena, 2012).

Ao fomentar a integração de pesquisa, regulamentação e cooperação internacional, o Direito dos Desastres busca estabelecer diretrizes para a mineração em águas profundas, visando reduzir os danos aos ecossistemas marinhos. O ponto de reflexão é justamente o descompasso cronológico entre a Convenção (formada na década de 80 do século passado) e o alvorecer do Direito dos Desastres, a despontar nas primeiras décadas do século XXI. Assim, há um distanciamento de paradigmas de cerca de quarenta anos entre ambos, fator que determina ou uma retomada das normatizações relativas às áreas marítimas ou uma profunda revisão hermenêutica dos alcances e potenciais de vinculação protetiva ambiental existentes na Convenção.

Este enfoque desempenha um papel crucial na proteção dos oceanos e no suporte às comunidades dependentes desses recursos, promovendo práticas que respondam de maneira proativa às ameaças emergentes. A gestão do risco é um dos principais focos do direito dos desastres; no entanto, na mineração submarina, enfrenta desafios significativos, especialmente ao tentar medir e quantificar os riscos. Conforme discutido na literatura sobre gestão de riscos, a complexidade dos sistemas marinhos e a interconexão dos fatores envolvidos dificultam essa avaliação, além de abrir espaços para situações de manifestação de dano configurado como dano futuro (Carvalho, 2013).



<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

Enquanto a mineração em terra firme pode ser mais previsível em termos de riscos e impactos ambientais, a mineração submarina ocorre em um ambiente onde as variáveis são menos compreendidas e mais interdependentes. Em termos estatísticos, a aplicação de técnicas como a curva normal para avaliar a probabilidade de eventos pode ser desafiadora na mineração submarina, especialmente quando os eventos não são causados por fatores aleatórios independentes, mas sim por interações complexas e sistemas eco-complexos (Damacena, 2012).

Além disso, a exploração de recursos minerais no fundo do mar apresenta desafios complexos e significativos no que diz respeito aos direitos e responsabilidades em situações de desastres ambientais. O Direito dos Desastres desempenha um papel crucial na regulamentação dessas atividades e na mitigação dos impactos negativos que podem ocorrer. Em casos de desastres na mineração no fundo do mar, surgem várias questões jurídicas, como responsabilidade civil, reparação de danos ambientais, gestão de resíduos e proteção dos ecossistemas marinhos (ONU, 1982).

A legislação internacional, como a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS) e a Convenção sobre a Diversidade Biológica, juntamente com acordos regionais e nacionais, estabelece um quadro jurídico para regular a mineração no fundo do mar. Esses instrumentos legais definem diretrizes para a exploração sustentável dos recursos marinhos, a proteção do meio ambiente marinho e a responsabilização em caso de danos (Rothwell, et al., 2019). O Direito dos Desastres na mineração no fundo do mar inclui a definição de padrões de segurança e a implementação de medidas preventivas para reduzir os riscos de acidentes. Além disso, estabelece procedimentos claros para resposta a emergências, avaliação dos danos causados e compensação às partes afetadas. A cooperação internacional e o compartilhamento de conhecimento são fundamentais para lidar com os desafios transfronteiriços associados à mineração marinha (Harrison, 2001).

Esse campo jurídico deve ser concebido não apenas como um recurso para lidar com os impactos ambientais após sua ocorrência, mas principalmente como um mecanismo de prevenção e precaução desde o início do empreendimento. Em vez de ser uma resposta reativa, deve atuar proativamente para identificar, avaliar e mitigar os



<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

riscos e incertezas associados à atividade, o que envolve a implementação de regulamentações robustas que não apenas estabeleçam padrões ambientais rigorosos, mas também promovam a pesquisa contínua, o monitoramento eficaz e a adoção de tecnologias sustentáveis.

A exploração de minerais subaquáticos tem ganhado crescente relevância científica e econômica devido ao seu potencial para fornecer recursos estratégicos essenciais a diversas indústrias. Nesse contexto, a Conferência de Minerais Subaquáticos (Underwater Minerals Conference - UMC) destaca-se como o principal fórum global para a discussão e avanço neste campo. Desde sua criação em 1970, a UMC tem reunido anualmente especialistas de múltiplos setores – incluindo governos, academia e indústria – para debater os avanços nas pesquisas geológicas, biológicas e tecnológicas relacionadas aos depósitos minerais marinhos. O evento atrai participantes de mais de 25 países, refletindo a importância e a internacionalização do tema (UMC, 2024).

A UMC tem como principal objetivo promover o intercâmbio de conhecimentos e experiências entre os diversos atores envolvidos na exploração de minerais oceânicos, abordando uma ampla gama de tópicos. Esses incluem estudos geológicos e biológicos de depósitos minerais no fundo do mar, inovações tecnológicas para a exploração e extração de minerais subaquáticos, aspectos regulatórios e políticas internacionais, além de impactos ambientais e práticas de mitigação. O espaço é ideal para que sejam desenvolvidas propostas voltadas a aglutinar o Direito dos Desastres à sistemática regulatória e jurídico-ecológica afeta à mineração em áreas oceânicas.

A Conferência de Minerais Subaquáticos representa uma plataforma vital para o avanço científico e tecnológico na exploração de recursos minerais no fundo do mar, facilitando diálogos entre os diversos *stakeholders*, o que é crucial para o desenvolvimento sustentável e regulamentado deste setor emergente. A relevância da UMC reside na sua capacidade de reunir um espectro diversificado de especialistas, promovendo um ambiente propício ao debate e ao compartilhamento de inovações e práticas que podem moldar o futuro da exploração de minerais subaquáticos. Além disso, a conferência desempenha um papel fundamental na formulação de políticas e

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

regulamentos que visam assegurar que a exploração desses recursos seja realizada de maneira sustentável e ambientalmente responsável (UMC, 2024). Em um cenário global onde a demanda por recursos minerais continua a crescer, a UMC serve como um ponto de convergência para a troca de ideias e a construção de um consenso em torno das melhores práticas para a exploração de minerais nos ambientes marinhos profundos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração de recursos minerais submarinos representa um dilema complexo entre oportunidades econômicas e responsabilidade ambiental. Enquanto os avanços tecnológicos abrem novas fronteiras para a mineração em águas profundas, os riscos associados, tanto ambientais quanto sociais, são significativos e ainda mal compreendidos. Os desafios impostos pela rigidez locacional, os impactos potenciais sobre ecossistemas marinhos delicados e os riscos de desastres ambientais exigem cuidado e uma regulamentação rigorosa.

A análise à luz das teorias de risco de Beck e reflexividade de Giddens destaca a necessidade urgente de uma gestão responsável dos recursos marinhos, equilibrando desenvolvimento econômico com sustentabilidade ambiental. A Conferência de Minerais Subaquáticos desempenha um papel crucial como plataforma para promover o diálogo internacional, avanços científicos e políticas regulatórias que visam mitigar os impactos negativos da mineração submarina.

A implementação eficaz do Direito dos Desastres é essencial para garantir que as atividades de mineração submarina sejam conduzidas com responsabilidade, minimizando os riscos para os ecossistemas marinhos e protegendo os interesses das futuras gerações. A busca por recursos minerais nos oceanos deve ser guiada por princípios de precaução e sustentabilidade, assegurando que os benefícios econômicos não comprometam a integridade dos ambientes marinhos vitais para o equilíbrio global. Ao teor das construções e desenvolvimentos críticos desenvolvidos, é possível efetivar os seguintes apontamentos conclusivos.

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

É necessário densificar os critérios avaliativos, regência de governança, matrizes de fiscalização e aplicação de sanções, assim como o próprio regime jurídico de possibilidade (ou não) de mineração em áreas marinhas. Inclusive, faz-se necessário inserir critérios de viabilidade ambiental assim como critérios de avaliação de risco e gestão ambiental, a ponto de se revelar como não justificáveis pleitos exploratórios cujo objetivo possa ser satisfeito d'outra forma, tal como a exploração de recursos em áreas da superfície continental. A Convenção demanda uma releitura e ajustes de densificação, a ultrapassar perspectivas puramente centradas em fomento da mineração para assumir uma efetiva regulação ambiental, apta, inclusive, para decisões proibitivas de exploração tendo em vista os riscos e potenciais poluidores em dado empreendimento ou em dada área a ser ambientalmente protegida.

Além disso, é necessário incorporar o debate e as diretrizes das normas afetas ao Direito dos Desastres à regência normativa que regula e que atribui parâmetros hermenêuticos às normas de exploração de recursos minerais em áreas oceânicas. Há um distanciamento cronológico e de parâmetros compreensivos entre as normas regentes da exploração minerária em oceanos e as normas afetas ao Direito dos Desastres. A saída primordial para superação desse distanciamento é a revitalização normativa, com sua densificação e retomada de institutos e critérios que possam atualizar os padrões regulatórios aos novos quadros de demandas de prevenção e precaução existentes, ao lado dos referenciais de avaliação e gestão de risco. Em caráter subsidiário, até que se proceda a revitalização normativa, faz-se incontornável a tomada hermenêutica que incorpore por meio de matrizes principiológicas e de diálogo de fontes primados e regramentos do Direito dos Desastres à regência ecológico-econômica das áreas oceânicas passíveis de exploração e afetação no uso dos recursos minerais.

## REFERÊNCIAS

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

ARAÚJO, Larissa Oliveira Santiago; MORAIS, Carolina Soares. Rigidez locacional e os impactos socioeconômicos e ambientais da Mina de Brucutu no Município de Barão de Cocais-MG. *Revista Engenharia de Interesse Social*, v. 1, n. 1, 2016.

BARRIGA, Fernando JAS. Mineração sustentável e responsável em ambiente marinho profundo. **Colóquio Contaminação Ambiental**, p. 3-28, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/51566> Acesso em: 14/06/2024.

BECK, Ulrich. Sociedade de risco: Rumo a uma outra modernidade. Trad. Sebastião Nascimento. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2011.

BECK, Ulrich. Réplicas e críticas. In: Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna. BECK, Ulrich; Giddens, Anthony; LASH, Scott. Trad. Magda Lopes. Revisão técnica: Cibele Saliba Rizek. São Paulo: Ed. Unesp, 2012, pp. 259-318.

CARVALHO, Délton Winter de. Dano ambiental futuro: a responsabilização civil pelo risco ambiental. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Convenção sobre a Diversidade Biológica**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<https://www.cbd.int/convention/text/>>. Acesso em: 01 jul. 2024.

DAMACENA, Fernanda Dalla Libera. A formação sistêmica de um direito dos desastres. 2011. Disponível em: <https://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/3937> Acesso em: 10/06/2024.

DRIESEN, David M. **Environmental Law and Policy**. New York: Foundation Press, 2008.

DURDEN, Jennifer M. et al. Environmental Impact Assessment process for deep-sea mining in 'the Area'. **Marine Policy**, v. 87, p. 194-202, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X17305316>. Acesso em: 10/06/2024

GIDDENS, Anthony. **Mundo em descontrole**: a terceira via, 6a ed. Rio de Janeiro: Record, 2007

GIDDENS, Anthony. As consequências da modernidade. Trad. Raul Fiker. São Paulo: Ed. Unesp, 1991.

GOMES, Abílio S.; PALMA, Jorge JC; SILVA, Cleverson G. Causas e consequências do impacto ambiental da exploração dos recursos minerais marinhos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, p. 447-454, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbg/a/jpjfTNWv77zPs8sgnKXWF7G/?lang=pt>

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

HARRISON, James. **International Law and the Protection of the Marine Environment**. Oxford: Oxford University Press, 2001.

INTERNATIONAL MARINE MINERALS SOCIETY. **Underwater Minerals Conference**. Disponível em: <https://www.underwaterminerals.org/>. Acesso em: 22 jun. 2024.

BIAZON, Tassia. *Mar Profundo: a região mais inexplorada do planeta Terra*. Jornal da USP, 30/09/202. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/mar-profundo-a-regiao-mais-inexplorada-do-planeta-terra/>. Acesso em: 10/06/2024.

KESLER, Stephen E.; SIMON, Adam C.; SIMON, Adam F. Mineral resources, economics and the environment. **Cambridge University Press**, 2015.

LISBOA, Julia M. R.; TOLEDO, André P. A última fronteira da mineração: a corrida para a extração de minério no fundo do mar e uma breve análise sobre o cenário brasileiro. In: André de Paiva Toledo; Leonardo de Camargo Subtil; Tiago V. Zanella. (Org.). **Direito do Mar: o papel das instituições nos 40 anos da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar**. 1ed. Belo Horizonte, São Paulo: Editora D'Plácido, 2023, v. 6, p.

LISBOA, Julia M. R.; TOLEDO, André P.; SILVA, T. R. L. A eficácia das condicionantes e das medidas mitigadoras do dano ambiental na bacia de Santos: uma perspectiva sob a égide do desastre ambiental. In: André de Paiva Toledo; Fabiana Ventura Piassi; Leonardo Camargo Subtil; Tiago V. Zanella. (Org.). **Direito do Mar: Reflexões, Tendências e Perspectivas**. 1ed. Belo Horizonte, São Paulo: D'Plácido, 2021, v. 5, p. 43-60.

LODGE, Michael W.; VERLAAN, Philomène A. Deep-sea mining: international regulatory challenges and responses. **Elements: An International Magazine of Mineralogy, Geochemistry, and Petrology**, v. 14, n. 5, p. 331-336, 2018. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/msa/elements/article-abstract/14/5/331/559116/Deep-Sea-Mining-International-Regulatory> . Acesso em: 10/06/2024

ORCUTT, Beth N. et al. Impacts of deep-sea mining on microbial ecosystem services. **Limnology and Oceanography**, v. 65, n. 7, p. 1489-1510, 2020. Disponível em: <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lno.11403>. Acesso em: 10/06/2024

POLEJACK, ANDREI. Há Direito do Mar sem Ciência? A Diplomacia Científica no Oceano. Disponível em: [https://www.academia.edu/50840716/Ha\\_Direito\\_do\\_Mar\\_sem\\_Ciencia\\_A\\_Diplomacia\\_Cientifica\\_no\\_Oceano](https://www.academia.edu/50840716/Ha_Direito_do_Mar_sem_Ciencia_A_Diplomacia_Cientifica_no_Oceano). Acesso em: 18/06/2024

<https://doi.org/10.20873/uft.2359-0106.2024.v11n2.p209-228>

SHARMA, Rahul. Deep-sea mining: Economic, technical, technological, and environmental considerations for sustainable development. **Marine Technology Society Journal**, v. 45, n. 5, p. 28-41, 2011. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/mts/mts/2011/00000045/00000005/art00004>. Acesso em: 10/06/2024

VIANA, Maurício Boratto. Avaliando Minas: índice de sustentabilidade da mineração (ISM). 2012. Disponível em: <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/10542>. Acesso em: 14/06/2024.

VEIGA, JÚLIA SCHÜTZ. Deep sea mining: um confronto entre a prospecção da UE e a Agenda 2030. Disponível em: [https://www.academia.edu/42334797/Deep\\_sea\\_mining\\_um\\_confronto\\_entre\\_a\\_prospecc%C3%A7%C3%A3o\\_da\\_UE\\_e\\_a\\_Agenda\\_2030](https://www.academia.edu/42334797/Deep_sea_mining_um_confronto_entre_a_prospecc%C3%A7%C3%A3o_da_UE_e_a_Agenda_2030). Acesso em: 18/06/2024

NAÇÕES UNIDAS. **Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar**. Montego Bay, 1982. Disponível em: [https://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/unclos\\_e.pdf](https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf). Acesso em: 01 jul. 2024.

ROTHWELL, Donald R.; STEPHENS, Tim. **International Law of the Sea**. Oxford: Hart Publishing, 2019.