

I INTERNATIONAL EXPERIENCE PERUGIA - ITÁLIA

**SUSTENTABILIDADE: TRANSFORMANDO
SOCIEDADES PARA UM FUTURO VERDE II**

VLADIMIR BREGA FILHO

LISLENE LEDIER AYLON

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Educação Jurídica

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - MS

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG

Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

S964

Sustentabilidade: Transformando Sociedades Para Um Futuro Verde II [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Lislene Ledier Aylon, Vladimir Brega Filho. – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-089-2

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Inteligência Artificial e Sustentabilidade na Era Transnacional

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Internacionais. 2. Sustentabilidade. 3. Transformando Sociedades. I International Experience Perugia – Itália. (1: 2025 : Perugia, Itália).

CDU: 34



I INTERNATIONAL EXPERIENCE PERUGIA - ITÁLIA

SUSTENTABILIDADE: TRANSFORMANDO SOCIEDADES PARA UM FUTURO VERDE II

Apresentação

A coletânea "Sustentabilidade: "Transformando Sociedades Para Um Futuro Verde II" vai muito além de uma compilação de artigos, configurando-se como um verdadeiro mapa de visões e análises sobre as problemáticas mais prementes que moldam o futuro do nosso planeta e das sociedades. Em um cenário global cada vez mais interconectado e diante da eminente crise climática e social, esta obra apresenta caminhos para a compreensão e a construção de um mundo sustentável. Os temas são dos mais variados, mas todos tem o fio conductor relacionado à sustentabilidade do planeta.

Um tema dos mais visíveis é a gestão de resíduos sólidos. Dentro desse tema, Heron José de Santana Gordilho, Lara Brito de Almeida Domigues Neves Calmon Borges e Thainá Lima da Fonseca Neves trazem uma análise crítica da Lei Municipal nº 9.817/2024 de Salvador, que trata especificamente da gestão de resíduos sólidos em Salvador. A discussão sobre os desafios urbanos relativos à sustentabilidade, passa pelos artigos de Elcio Nacur Rezende, Izabella Camila Andrade e Luzia Maria Rocha Vogado, onde os autores exploram com perspicácia os impactos ambientais da urbanização desordenada, desde a poluição até a perda de biodiversidade, e a centralidade da regularização fundiária como um instrumento não apenas de justiça social, mas de organização do território.

Outro tema explorado na coletânea é a economia verde, Rogerio Borba, Bruna Kleinkauf Machado e Mimon Peres Medeiros Neto apontam os paradoxos e as tensões inerentes a esse novo paradigma, questionando a compatibilidade entre a compra do "direito de poluir" e a genuína promoção do desenvolvimento regional sustentável na Amazônia. Essa análise crítica desafia a lógica puramente mercantilista, forçando uma reflexão sobre a justiça ambiental e social na alocação de recursos e responsabilidades.

Uma outra questão que emerge da coletânea é a inovação tecnológica não apenas como uma ferramenta auxiliar, mas como um agente transformador na proteção e no monitoramento ambiental. Nesse ponto, Deise Marcelino da Silva, Rachel de Paula Magrini Sanches e Heber Carvalho Pressuto destacam o papel crucial da tecnologia e dos dados massivos na proteção jurídica ambiental, ilustrando com a aplicação de imagens de satélite na fiscalização de incêndios no Pantanal Sul-Matogrossense. Essa abordagem demonstra como a inteligência artificial e o big data podem capacitar os órgãos de controle a atuar com maior precisão e

rapidez. Essa também é tema abordado por Inez Lopes Matos Carneiro de Farias e Gracemerce Camboim Jatobá e Silva quando investigam o monitoramento inteligente das rotas de derramamentos de óleo no mar por meio de satélites e inteligência artificial, destacando a capacidade da tecnologia em mitigar desastres e acelerar respostas emergenciais. Por fim, ainda ligado ao tema tecnologia, Inez Lopes Matos Carneiro de Farias e Ida Geovanna Medeiros da Costa, tratam da aviação civil inteligente, com sua busca por transnacionalidade, sustentabilidade, conectividade e inovação, evidenciando o constante desafio de integrar o avanço tecnológico com a premissa da sustentabilidade.

A obra ainda traz interessantes textos sobre regulação e governança. Elcio Nacur Rezende, Wanderley da Silva e Oziel Mendes de Paiva Junior trazem o tema externalidades ambientais e a indispensável intervenção estatal, revisitando os princípios da prevenção, precaução e responsabilidade civil como pilares normativos para a proteção do meio ambiente.

Ligada ao tema governança corporativa, Josiane Ferreira e Ana Soares Guida debatem as intrincadas relações entre ética e lucro na governança corporativa, apresentando um estudo sobre os compromissos, desafios e contradições relacionadas ao uso de testes em animais, instigando uma reflexão sobre a responsabilidade social das empresas. Ainda dentro de uma análise sobre os marcos regulatórios, Erica Valente Lopes e Tarin Frota Mont`alverne apresentam a relevância das diretivas internacionais para a concepção ecológica na cadeia de valor têxtil europeia, mostrando a busca por metas vinculativas e a harmonização de padrões ambientais globais. Por fim, ainda dentro do tema regulação Priscila Tavares dos Santos, Eloah Alvarenga Mesquita Quintanilha e Elaine Cristina Oliveira dos Santos tratam do tema conflitos ambientais e territórios em disputa, analisando a perigosa flexibilização de normas ambientais e o impacto da atuação de Comissões Parlamentares de Inquérito, como a da FUNAI e do INCRA no Brasil. Este debate crucial expõe as tensões entre o desenvolvimento, a proteção dos povos originários e a gestão dos recursos naturais, delineando o campo de batalha onde o futuro da sustentabilidade será definido.

A coletânea também consegue dialogar com outras áreas do conhecimento, enriquecendo o debate com perspectivas inovadoras. Claudio Alberto Gabriel Guimarães, Bruna Danyelle Pinheiro das Chagas Santos e Cláudio Santos Barros exploram as contribuições fundamentais das escolas criminológicas para a aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS/ONU), demonstrando como a justiça social e ambiental estão intrinsecamente ligadas à prevenção do crime e à construção de sociedades mais equitativas.

Ainda dentro da ideia de interdisciplinariedade, Bruno Gadelha Xavier e Moisés Alves Soares apresentam uma a reflexão profunda e instigante: a estética da fome de Glauber

Rocha é apresentada como um elemento crítico para espelhar as persistentes desigualdades sociais na era da sustentabilidade, forçando-nos a questionar os discursos hegemônicos e a reconhecer as vozes marginalizadas. Por fim, Frederico Antonio Lima de Oliveira, Hugo Sanches da Silva Picanço e Felipe da Costa Giestas, trazem uma análise da economia solidária a partir do pensamento de Guido Calabresi, oferecendo uma visão sobre modelos econômicos alternativos que priorizam a equidade, a cooperação e a resiliência social, desafiando a lógica puramente capitalista e abrindo caminho para novas formas de organização e produção.

Percebe-se, pelos textos, que a coletânea é um convite à ação. É um apelo à reflexão crítica, à colaboração interdisciplinar e à busca incessante por soluções criativas para os desafios ambientais e sociais que se impõem. Que esta obra não apenas inspire novas pesquisas e fomenta diálogos construtivos, mas que, acima de tudo, sirva como um impulso para ações transformadoras rumo a um futuro verdadeiramente justo, inovador e sustentável.

MONITORAMENTO INTELIGENTE DAS ROTAS DE DERRAMAMENTOS DE ÓLEO NO MAR: USO DE SATÉLITES E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

SMART MONITORING OF OIL SPILL ROUTES IN THE SEA: USE OF SATELLITES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Inez Lopes Matos Carneiro De Farias ¹
Gracemerce Camboim Jatobá E Silva ²

Resumo

O monitoramento da superfície do oceano é fundamental para a sustentabilidade ambiental, pois permite a minimização dos impactos causados por vazamentos, especialmente a detecção de manchas de óleo no mar, tornou-se relevante no mundo devido à sua importância para a exploração de petróleo e prevenção de riscos em ecossistemas. Com o crescimento da exploração do petróleo e da movimentação de navios entre os oceanos possibilitou uma maior incidência de desastres ambientais. O presente trabalho visa demonstrar como as novas tecnologias com o suporte da IA e o uso de satélites poderão dar o suporte a detecção e monitoramento das manchas de óleo na superfície marítima em cumprimento aos acordos internacionais de proteção ambiental. O presente trabalho objetiva analisar as possibilidades existentes para a prevenção e tomada de decisão com maior precisão, bem como a análise da legislação interna e a dos Tratados Internacionais sobre o assunto. O principal problema jurídico de investigação é conhecer como as novas tecnologias poderão agregar desenvolvimento econômico e social em harmonia com o meio ambiente. A partir do método qualitativo, utilizam-se estudos de casos realizados em alguns países. Busca-se, brevemente, analisar o direito comparado como método de aproximação do conhecimento para observar as respostas jurídicas a fatos sociais semelhantes.

Palavras-chave: Derramamento de óleo, Sustentabilidade, Satélites, Inteligência artificial, Monitoramento inteligente

Abstract/Resumen/Résumé

The monitoring of the ocean surface is essential for environmental sustainability, as it allows for the minimization of impacts caused by leaks, particularly the detection of oil spills in the sea. This issue has become globally relevant due to its importance for oil exploration and the prevention of risks to ecosystems. With the growth of oil exploration and the movement of ships across the oceans, the incidence of environmental disasters has increased. This study aims to demonstrate how new technologies, supported by artificial intelligence and satellite

¹ Professora Associada da Faculdade de Direito da Universidade de Brasília (UnB). Coordenadora do GDIP /CNPq, sublinhas GDIP -TRANSJUS e GDIP-AÉREO-ESPACIAL.

² Advogada, Professora, Diretora do CENSIPAM, Mestre em Comércio Exterior e Relações Internacionais pela UFPE, Doutoranda em Direito na Universidade de Brasília – UNB. Integrante GDIP/CNPq.

usage, can enhance the detection and monitoring of oil spills on the maritime surface, ensuring compliance with international environmental protection agreements. The objective of this research is to analyze the existing possibilities for prevention and more precise decision-making, as well as to examine domestic legislation and international treaties on the subject. The main legal research problem is to understand how these new technologies can foster economic and social development in harmony with environmental preservation. Using a qualitative method, this study relies on case studies conducted in different countries. Additionally, it briefly applies comparative law as a method of knowledge approximation to observe legal responses to similar social issues.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Oil spill, Sustainability, Satellite monitoring, Artificial intelligence, Smart monitoring

Introdução

A indústria de petróleo e gás no Brasil ocupou o segundo lugar no *ranking* das exportações em 2023 e o primeiro lugar nas exportações, em 2024. Na divisão por produtos, o petróleo bruto ocupou o lugar da soja entre as maiores exportações brasileiras em 2024. No ano passado, o valor exportado de petróleo bruto subiu 5,2%, com o volume embarcado aumentando 10,1%, e o preço médio caindo 4,4%. Nesse mesmo cenário, as exportações de soja recuaram 19,4% em valor, com o volume caindo 3% e o preço médio, 16,9%. Perceba, então, o importante papel do desempenho do petróleo na balança comercial do país, segundo informações da Agência Brasil do governo federal (Brasil; Ministério das Comunicações; Agência Brasil).

A descoberta do pré-sal no Brasil é considerada uma das mais importantes descobertas em águas profundas em todo o mundo e com uma perspectiva de produzir 8,2 bilhões de barris de petróleo na próxima década (Brasil. Ministério das Comunicações). A área compreende um conjunto de grandes reservatórios de óleo e gás encontrados abaixo da camada de rocha de sal e que abrangem da costa do estado do Maranhão até a costa do Espírito Santo (Brasil. Ministério de Minas e Energia. PPSA).

Apesar da importância da exploração e do transporte de petróleo em águas brasileiras, o Brasil é vulnerável quanto ao monitoramento e à segurança das suas águas. As operações de extração e carregamento de petróleo no mar são atividades de alto risco ambiental. Em 2019, o país enfrentou um dos maiores desastres ambientais por derramamento de óleo em sua costa, sendo suas causas ainda obscuras.

No dia 30 de agosto de 2019, grandes manchas de petróleo cru começaram a atingir as praias da região Nordeste do Brasil. O primeiro registro de chegada ocorreu no estado da Paraíba. Posteriormente, verificou-se que o derramamento afetou 675 localidades, em 116 municípios, ao longo do litoral brasileiro, portanto abrangeu os nove estados do Nordeste e o Espírito Santo. As manchas foram identificadas desde a Reserva Extrativista (Resex) Cururupu, no Maranhão, a 157 km de São Luís, até a praia de Costa Bela, no município da Serra, no Espírito Santo (Brasil, MPF, 2025).

Foram mais de dois mil quilômetros de litoral com registro de petróleo, 14 Unidades de Conservação Federal atingidas e pelo menos 67 espécies de animais encontrados cobertos com óleo. Segundo a Marinha do Brasil (Planço, 2022), até 20 de novembro de 2019, mais de 4,5 mil toneladas de petróleo haviam sido retiradas das praias nordestinas. O acidente já é considerado o maior da história no litoral brasileiro em termos de extensão

(Brasil, MPF, 2025).

Na ampla era dos dados *offshore*, a detecção de mancha de óleo antropogênicas (derramamentos) ou naturais (infiltrações) tem sido um desafio de longa data. Seu impacto potencial sobre os ecossistemas torna a sua detecção obrigatória (Girard--Ardhuin, 2003). Os estudos apresentados destacam a utilidade dos dados de sensoriamento remoto para sua detecção, especialmente a tecnologia de Radar de Abertura Sintética (SAR) (Brekke, 2005). Sua principal vantagem é fornecer cobertura global, independentemente da luz solar, do clima e da cobertura de nuvens.

No entanto, a detecção de manchas continua sendo um desafio, especialmente devido à variabilidade na sua forma e na extensão das manchas, que podem ser facilmente confundidas com outros fenômenos naturais da superfície do mar. Além disso, a detecção de manchas de óleo depende das condições de vento, que modulam o contraste da resposta do radar entre o óleo e a superfície do mar ao redor. Um desafio adicional é a capacidade de processar, de forma rápida e eficiente, o grande quantitativo de imagens adquiridas, fato este que está em pesquisa no Brasil: a utilização da inteligência artificial para o monitoramento da costa, com maior previsibilidade e agilidade na tomada de decisão. Como o monitoramento de manchas de óleo exige alta resolução e alta frequência de revisitas às imagens, a detecção automática torna-se necessária para auxiliar os fotointérpretes.

O presente estudo tem como objetivo demonstrar como as novas tecnologias, especialmente aquelas impulsionadas por inteligência artificial (IA), podem aprimorar a detecção e o monitoramento de manchas de óleo na superfície marítima. O sensoriamento remoto, por meio de satélites, desempenha um papel crucial nesse processo, visto que permite a identificação rápida e precisa de vazamentos, mesmo em áreas de difícil acesso.

A adoção dessas tecnologias visa não apenas aumentar a eficiência no rastreamento e na contenção de vazamentos, mas também garantir o cumprimento dos acordos internacionais voltados à proteção ambiental dos oceanos. Combinando-se algoritmos avançados de IA com imagens de satélite, é possível melhorar a resposta a desastres ambientais, a fim de reduzir impactos ecológicos e otimizar a gestão de recursos para mitigação e prevenção.

Além disso, esta pesquisa busca analisar, de forma abrangente, as soluções tecnológicas disponíveis para a prevenção de derramamentos de óleo e para a tomada de decisões mais precisas e ágeis em cenários de risco ambiental. Para tanto, serão examinadas as legislações internas de diferentes países e os tratados internacionais pertinentes, com o

intuito de compreender as diretrizes normativas que orientam a resposta global a esses desastres ecológicos.

O principal problema jurídico que se pretende investigar é como a incorporação de novas tecnologias pode contribuir para o desenvolvimento econômico e social de maneira sustentável, a fim de se assegurar a preservação dos ecossistemas marinhos. Essa questão será abordada a partir de uma metodologia qualitativa, por meio da análise de estudos de caso conduzidos em diferentes países. Nesse contexto, o direito comparado será explorado como um método eficaz de aproximação do conhecimento, porque permite observar e contrastar as respostas jurídicas adotadas por distintas nações diante de desafios ambientais semelhantes.

1 As Convenções Internacionais e as Legislações Nacionais

O instrumento legal norteador das políticas públicas para a gestão de acidentes envolvendo petróleo no Brasil é a Lei n.º 9.966, de 28 de abril de 2000, conhecida como a “Lei do Óleo”. Essa lei dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. Esse é um importante marco legislativo na esfera da responsabilidade civil e da reparação por desastre ambiental (Costa, 2021). Esse instrumento surgiu decorrente do impacto do derramamento de óleo ocorrido na baía de Guanabara em 2000, uma vez que esse acidente evidenciou as lacunas de responsabilidade e a orientação prática na gestão desse tipo de incidente no Brasil (Sousa; De Miranda; De Medeiros, 2013). Assim, a referida lei estabeleceu os princípios a serem atendidos pelos operadores das atividades perigosas, que envolvam a movimentação de óleo e de outras substâncias nocivas, em portos organizados, em instalações portuárias, em plataformas e em navios (incluindo navios estrangeiros), em águas sob jurisdição nacional, e estabeleceu competências, em diferentes esferas de poder, para a Marinha do Brasil, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e a Agência Nacional do Petróleo (ANP).

O texto legal impõe a necessidade de que todos os portos e plataformas tenham sistemas de prevenção, de controle e de combate da poluição decorrente do vazamento de óleo, incluindo os planos de emergência individuais para o combate à poluição. Esses planos de emergência individuais (PEI) devem ser, posteriormente, consolidados pelo órgão ambiental

competente, na forma de planos de contingência locais (planos de área – PA) ou regionais (plano regional – PR), em articulação com os órgãos de defesa civil.

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) estabelece que a poluição marinha corresponde à introdução, direta ou indireta, de substâncias ou energia no ambiente marinho, incluindo-se estuários, como resultado da atividade humana. Essa poluição pode causar ou potencialmente causar efeitos prejudiciais, como danos aos recursos vivos e à vida marinha, riscos à saúde humana, interferência em atividades marítimas – incluindo pesca e outras utilizações legítimas do mar –, degradação da qualidade da água e deterioração de áreas de recreação (Lopes, 2015, p. 221).

Além disso, conforme disposto no artigo 195, os estados têm o dever de evitar a transferência de danos ou riscos ambientais e de não converter um tipo de poluição em outro. Esse princípio reforça a necessidade de políticas ambientais eficazes que garantam a proteção sustentável dos ecossistemas marinhos.

Segundo Lopes (2015, p. 218), a responsabilidade civil por danos ao meio ambiente marinho pode assumir caráter internacional, o que atribui aos Estados a obrigação de responder por prejuízos causados por embarcações sob sua jurisdição. Isso significa que um Estado pode ser responsabilizado tanto por danos causados por embarcações operando dentro de seu território quanto por danos ocorridos em águas internacionais, caso a embarcação envolvida esteja registrada sob sua bandeira. Esse princípio reforça a importância da cooperação internacional e da adoção de normas rigorosas para a prevenção e reparação de danos ambientais, garantindo que os Estados cumpram suas obrigações de fiscalização e controle sobre suas frotas marítimas. Antes da promulgação da “Lei do Óleo”, o Brasil já era signatário de instrumentos internacionais que tratam do direito do mar, da segurança de navegação e da poluição marinha, a saber:

- i. Marpol 73/78: Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, realizada em 2 de novembro de 1973, na cidade de Londres na Inglaterra, alterada pelo Protocolo de 1978, em 17 de fevereiro de 1978, e emendas posteriores. Essa convenção teve, como propósito, o compromisso internacional para o estabelecimento de regras para a eliminação da poluição intencional do meio ambiente, por óleo e outras substâncias danosas, oriundas de navios, bem como a minimizar a descarga acidental daquelas substâncias no ar e no meio ambiente marinho;
- ii. CLC/69: Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, de 1969, ratificada pelo Brasil pelo Decreto nº 79.437, de 28 de março de 1977. Essa convenção teve por objetivo criar mecanismo internacional capaz de assegurar a compensação adequada e acessível às vítimas de danos por poluição, resultantes de escapamento ou descarga de óleo proveniente de navios;
- iii. Convenção de Londres/1972 - formalmente denominada Convenção sobre a Prevenção da Poluição Marinha por Despejo de Resíduos e Outras Matérias, é um dos primeiros tratados globais voltados à proteção do meio ambiente marinho contra

os impactos das atividades humanas. Em vigor desde 1975, a convenção tem como principal objetivo estabelecer um controle efetivo sobre todas as fontes de poluição marinha, adotando medidas concretas para prevenir e reduzir o despejo de resíduos e substâncias prejudiciais nos oceanos.

iv. OPRC/90: International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-Operation, 1990 (Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo), ratificada pelo Brasil através do decreto 2.870 de 10 de dezembro de 1998. Teve, por objetivo, promover a cooperação internacional e aperfeiçoar as capacidades nacional, regional e global, de preparo e resposta à poluição por óleo, e, no caso do Protocolo, à poluição por substâncias potencialmente perigosas e nocivas. Essa convenção foi proposta após o derramamento de óleo da Exxon Valdez (ocorrido no Alasca, em 1989) e define que todo acidente deve ser reportado imediatamente às autoridades marítimas, que todo navio ou plataforma deve manter um estoque de equipamentos necessários para a contenção de vazamentos e que os exercícios simulados devem ocorrer frequentemente, a fim de evitar possíveis falhas operacionais.

Nesse contexto, destaca-se a importância da ratificação, pelo Brasil, da Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil por Danos Decorrentes da Poluição por Óleo de Combustível (Bunker Convention, 2001), conforme proposta por Lopes (2017, p. 508). A adoção desse tratado garantiria a implementação do seguro obrigatório ou de outra forma de garantia, que assegure maior previsibilidade e proteção às vítimas da poluição marinha. Além disso, a convenção ampliaria a responsabilidade ambiental, estendendo-a não apenas aos navios petroleiros, mas também a qualquer tipo de embarcação que cause poluição marinha por derramamento de óleo.

No direito brasileiro, as empresas que operam no transporte marítimo são objetiva e solidariamente responsáveis por danos causados à poluição marinha, de acordo com Lopes (2017, p. 508). Dessa forma, todas as empresas que atuam no Brasil devem estar devidamente registradas e cumprir rigorosamente a legislação nacional. No entanto, a autora ressalta que a melhor solução jurídica para mitigar esses impactos é a adoção de medidas preventivas, que incluam fiscalizações mais rigorosas, a fim de evitar acidentes marítimos, mesmo aqueles considerados de menor potencialidade.

Por fim, a sustentabilidade na indústria da navegação deve ser equilibrada entre a liberdade de operação marítima e a necessidade de regulamentação, assim garantindo-se padrões mínimos de segurança e prevenindo impactos ambientais significativos no ecossistema marinho.

O Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional (PNC), instituído pelo Decreto n.º 10.950, de 27 de janeiro de 2022, fixa responsabilidades, estrutura organizacional, diretrizes, procedimentos e ações, com o objetivo de permitir a atuação coordenada de órgãos da administração pública, entidades públicas e privadas na ampliação da capacidade de resposta em incidentes de poluição por óleo

que possam afetar as águas sob jurisdição nacional, com vistas a minimizar danos ambientais e evitar prejuízos para a saúde pública.

Portanto o Brasil possui uma das legislações ambientais mais avançadas do mundo e reafirma seu compromisso internacional com a proteção do meio ambiente marinho.

2 Inovação Tecnológica na Proteção Oceânica: o Papel da Inteligência Artificial e Satélites no Monitoramento de Derramamentos de Óleo

A aplicação de tecnologias avançadas, como inteligência artificial (IA) e sensoriamento remoto por satélites, tem se mostrado fundamental no monitoramento e na detecção de derramamentos de óleo no mar, assim contribuem significativamente para a preservação ambiental e a eficiência operacional.

A detecção de manchas de óleo no mar ainda representa um grande desafio, principalmente devido à variabilidade na forma, na extensão e na dispersão das manchas. Além disso, sua identificação pode ser prejudicada pela semelhança com outros fenômenos naturais, como algas, áreas de baixa turbulência e sombras de nuvens. Outro fator determinante é a influência das condições do vento, que afetam o contraste da resposta do radar entre a mancha de óleo e a superfície do mar ao redor, o que torna a análise mais complexa.

Um desafio adicional é a necessidade de processamento rápido e eficiente do grande volume de imagens adquiridas. No Brasil, pesquisas têm explorado o uso da inteligência artificial (IA) para aprimorar o monitoramento da costa, para garantir maior previsibilidade e agilidade na tomada de decisões. Como o monitoramento de manchas de óleo exige alta resolução e alta frequência de revisitas, a detecção automática tornou-se essencial para auxiliar os fotointérpretes na análise das imagens.

Para enfrentar esse problema, foram desenvolvidos modelos avançados baseados em redes neurais profundas (DNN – Deep Neural Networks). Diferentemente dos algoritmos tradicionais, que operam com regras predefinidas, as DNN são capazes de aprender padrões complexos a partir de grandes volumes de dados, o que permite fazer previsões com base em experiências anteriores, de forma semelhante ao aprendizado humano (Krestenitis *et al.*, 2019).

As DNN são a base da aprendizagem profunda (*deep learning*) e alimentam

aplicações inovadoras, como agentes de inteligência artificial, reconhecimento de imagens e processamento de grandes volumes de dados em tempo real (Emna *et al.*, 2020), o que contribui para uma detecção mais precisa, ágil e eficiente de derramamentos de óleo.

O sensoriamento remoto é uma técnica essencial para o monitoramento e controle de derramamentos de óleo no mar, pois permite a vigilância de grandes áreas, o acompanhamento específico de locais e a assistência tática em emergências. Esse método possibilita a obtenção de informações em tempo real ou quase em tempo real sobre manchas de óleo, portanto contribui para a tomada de decisões estratégicas e táticas, para a redução de impactos ambientais e para a otimização da resposta a desastres marítimos.

De acordo com Moura *et al.* (2020, p. 214), o Radar de Abertura Sintética (SAR) é um dos sensores mais utilizados no sensoriamento remoto para a detecção de vazamentos de óleo, pois opera independentemente das condições atmosféricas e de iluminação, sendo eficaz tanto de dia quanto à noite. No entanto, um dos desafios dessa tecnologia é distinguir as manchas de óleo de outras formações escuras que podem surgir em imagens de radar devido a fenômenos naturais, como algas e áreas de baixa turbulência na água (*Ibid.*, p. 217-218).

O sensoriamento remoto é útil em vários modos de controle de derramamento de óleo, incluindo vigilância de grandes áreas, monitoramento específico do local e assistência tática em emergências. O sensoriamento remoto é capaz de fornecer informações essenciais para aprimorar a tomada de decisões estratégicas e táticas, visto que reduz potencialmente a incidência de derramamentos ao fornecer um fator de dissuasão, o que diminui os custos de resposta ao facilitar a rápida recuperação de óleo e, finalmente, minimiza os impactos ambientais.

Derramamentos de óleo no mar podem ser separados em duas categorias de relevância para o tipo de tecnologia de sensoriamento remoto que pode ser usada para detectar e responder ao incidente. As descargas não acidentais, que podem incluir perdas incidentais de embarcações devido a vazamentos no casco ou no equipamento, bem como óleo descarregado intencionalmente durante atividades de deslastro e limpeza de tanques.

Embora essas descargas não acidentais tendam a ser pequenas, elas são frequentes e contribuem muito mais para a introdução geral de óleo no ambiente marinho do que derramamentos acidentais, além de serem uma preocupação regulatória internacional crescente. Derramamentos acidentais são muito menos frequentes, mas normalmente envolvem vazamentos muito maiores de óleo. Esses derramamentos de óleo são eventos de

grande repercussão, para os quais é necessária uma resposta de emergência rápida e eficaz para conter e recuperar o óleo derramado.

Em muitos países, a capacidade de resposta adequada e eficaz é exigida por lei, como exigido pela Lei de Poluição por Óleo de 1990 nos EUA (OPA), que traz como objetivos estabelecer requisitos de responsabilidade e compensação por derramamentos de óleo, bem como estabelece um fundo para danos ambientais e sociais, limpeza e custos da remoção (United States Coast Guard). Ocorre o mesmo, também, no Canadá, que estabeleceu a Canada Shipping Act em 2001, que regula a operação e o registro de embarcações e navios, como também define as regras para acidentes marítimos e poluição marítima (Canada Shipping Act, 2001).

Há um reconhecimento crescente de que o uso de sensoriamento remoto, especialmente aéreo, para auxiliar nos esforços de resposta à limpeza pode mitigar os efeitos do petróleo no meio ambiente, além de reduzir custos.

O sensoriamento remoto em apoio às operações de resposta a derramamentos tem um nível de interesse misto entre os socorristas quando visto globalmente. Nos EUA, por exemplo, o combate aéreo remoto teve graus variados de sucesso em atender às expectativas operacionais e, portanto, ainda não está totalmente integrado aos planos e às operações de resposta nacionais, regionais e de área.

É indiscutível que, diante da realidade atual no mundo, para que ocorra o desenvolvimento econômico e social em harmonia com o meio ambiente, são necessários o compromisso e o monitoramento eficiente dos nossos oceanos.

3 Estudos de casos - e a esperança no cruzamento de dados com o suporte da IA

As imagens de satélite desempenham um papel importante no estudo do mundo moderno. Ela nos permite entender melhor as mudanças que estão ocorrendo em nosso planeta. Miles (2010) afirma que “as tecnologias de satélite levaram a um dos períodos mais produtivos na história da cartografia”. Por sua vez, Hall (1992), afirma que “Landsat revelou mundos inteiramente novos, escondidos nas dobras de um mundo familiar que pensávamos conhecer tão bem”. O sensoriamento remoto multiespectral no infravermelho, baseado em aeronaves e satélites, tem sido amplamente utilizado para a detecção de manchas de óleo (Wang; Ma; Liu, 2021).

Várias pesquisas no mundo mostram que sensores ativos e passivos podem ser usados para responder mais rápido e precisamente a tais desastres (Kurata *et al.*, 2016). Para entender esse fenômeno, vários pesquisadores utilizaram dados do Sentinel-2 e do Sentinel-1, mesmos satélites utilizados no Brasil para os projetos em andamento pelo Ministério da Defesa, através do CENSIPAM, bem como imagens do Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8. Com base em imagens de satélite, muitos pesquisadores analisaram derramamentos de óleo ocorridos em reservatórios de água (Nazirova, 2018), como também estudaram a propagação de petróleo no Mar da China Oriental como resultado de uma colisão entre dois navios, um petroleiro e um cargueiro, usando imagens de satélite multissensoriais (Sun *et al.*, 2018).

Eles mostraram que, ao combinar técnicas de sensoriamento remoto e de modelagem usadas no pós-processamento, eles poderiam fornecer um meio eficaz de monitorar acidentes marítimos. A mesma autora concentrou a sua investigação subsequente na parte norte do Golfo do México, que foi destruída em setembro de 2004 pelo furacão Ivan. O furacão causou vazamentos de óleo de usinas próximas.

Consequentemente, descobrimos que muitos dados podem ser usados para entender o movimento de resíduos de óleo (Yang *et al.*, 2020). Por outro lado, Biermann *et al.* (2020), usando o algoritmo inovador de índice de detritos flutuantes, separaram microplásticos e outros elementos, não sendo o ambiente natural da água, de algas e plantas marinhas com uma precisão geral de 86%. O estudo foi realizado em quatro locais diferentes: Vietnã, Canadá, Grã-Bretanha e Gana.

Biermann *et al.* (2020) estabeleceram estratégias de ação para os anos seguintes. Usando os resultados dos dados coletados, eles calcularam o limite teórico de detecção de cada óleo para dois sensores: HYMAP hiperespectral e Quickbird multiespectral. Em seu estudo, eles descobriram que o tipo de óleo era fundamental para a aplicação do sensoriamento remoto óptico para detectar e identificar vazamentos de óleo. Atualmente, existem dois métodos disponíveis para medições remotas da espessura do óleo, a saber, radiometria passiva por micro-ondas e tempo de viagem acústica com medições a laser (Fingas; Brown, 2018).

Fingas e Brown (2018) realizaram uma revisão das conquistas do sensoriamento remoto na detecção de derramamentos de óleo. Eles descobriram que a tecnologia de radar por satélite dominou a detecção e o mapeamento de remansos marinhos, o que resultou em maior efetividade e rapidez na interpretação das imagens em casos em que haja o suporte de novas tecnologias, como a utilização da inteligência artificial.

4 Projetos Nacionais – CENSIPAM

No Brasil, há o Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), órgão subordinado ao Ministério da Defesa. Além do centro de coordenação-geral sediado em Brasília/DF, o órgão possui três centros regionais estrategicamente localizados em Manaus/AM, Porto Velho/RO e Belém/PA. O CENSIPAM foi criado para promover a proteção da Amazônia Legal por meio da sinergia das ações de governo, da articulação, do planejamento, da integração de informações e da geração de conhecimento. Em 2020, ampliou a sua área de atuação para a Amazônia Azul, que abrange toda a extensão marítima brasileira (Brasil; Ministério da Defesa; CENSIPAM).

As informações produzidas pela instituição são utilizadas por vários órgãos que atuam, em conjunto, na Amazônia, nas esferas federal, estadual e municipal, buscando reforçar parcerias e oferecer produtos desenvolvidos pelo sistema de proteção da Amazônia. Essa transversalidade permite o funcionamento articulado e integrado de diversas instituições governamentais em todas as suas instâncias.

Para tanto, a entidade utiliza dados gerados por uma infraestrutura tecnológica, a partir de sensoriamento remoto, de radares, de estações meteorológicas e de plataformas de coleta de dados instaladas nas áreas sob monitoramento. Esse conjunto de ferramentas, aliado ao conhecimento e à experiência de recursos humanos especializados, permite desencadear ações para preservação ambiental e para a proteção e o desenvolvimento sustentável dos ambientes amazônicos e marítimos brasileiros.

Um dos projetos desenvolvidos pelo CENSIPAM é o projeto de pesquisa desenvolvido em parceria com a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), através da TED 03/2022, para o desenvolvimento de um sistema automatizado com suporte de Inteligência Artificial, para o monitoramento de mancha de óleo no mar. O monitoramento de manchas de óleo é fundamental para a sustentabilidade ambiental, pois permite a identificação de derrames e a implementação de ações de resposta rápida (Brasil; Ministério da Defesa; CENSIPAM).

O projeto é estruturado em três anos, e o órgão está na reta final para a implementação do sistema de monitoramento de mancha de óleo com o suporte da IA e, em breve, será disponibilizado para a sociedade e os demais órgãos de proteção do meio ambiente nas três esferas de governo.

O uso de imagens de radar é o método mais eficiente para detectar manchas de óleo no mar, assim a utilização de um sistema automatizado por IA cruzará informações, como velocidade do vento, imagens de satélite, correntes marítimas, distância da costa, localização,

para estimar volume, dimensões e fazer previsões sobre o percurso da mancha de óleo antes de atingir o litoral brasileiro (Brasil; Ministério da Defesa; CENSIPAM).

Há também outros projetos em cooperação com outros órgãos federais para a criação do SisMOM, o qual é conduzido pelo Ibama, pelo Inpe, pela Marinha do Brasil, pelo CENSIPAM, pelo Inpi e por universidades (Brasil; Ministério do Meio Ambiente; Ibama). O Inpe e o Centro de Inovação da Universidade de São Paulo - InovaUSP firmaram um protocolo de intenções para o desenvolvimento de técnicas de inteligência artificial para identificação de alvos no mar e demais corpos d'água, quer sejam embarcações, estruturas, manchas de óleo ou produtos vegetais, com data de início em 1º de janeiro de 2025 (Brasil; Ministério de Ciência e Tecnologia.)

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE juntamente com o Centro de Estudos em Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina (CIAAM) da Universidade de São Paulo firmaram recentemente outro protocolo de intenções para o desenvolvimento de um sistema de multiusuário de detecção, de previsão e de monitoramento de derrame de óleo em corpos d'água, tais como o mar, rios e lagos.

Diversos órgãos do governo federal, juntamente com o seu corpo de pesquisadores nas universidades federais, demonstram total interesse na viabilidade para a implementação de práticas para o monitoramento de manchas de óleo no mar com a utilização da inteligência artificial, sendo estas ações de fundamental importância para a sustentabilidade ambiental, pois permite a identificação de derrames e a implementação de ações rápidas de resposta dos nossos órgãos de proteção ambiental.

5 Projeto Ariel

O Ariel (*Autonomous Robot for Identification of Emulsified Liquids*) é um sistema autônomo inovador desenvolvido para o monitoramento de vazamentos de óleo em plataformas de petróleo *offshore*. Projetado para operar de forma integrada e eficiente, o Ariel combina uma embarcação não tripulada chamada Tupan, equipada com propulsão híbrida (diesel e elétrica) e autonomia de até 12 dias, com uma aeronave remotamente pilotada (RPA) de alta tecnologia (conhecida popularmente como drones). Seu desenvolvimento foi conduzido pelo Grupo de Simulação e Controle em Automação e Robótica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em parceria com a *startup* Tidewise e a Repsol Sinopec (FAPESP, 2021).

As aeronaves remotamente pilotadas (RPA) do Ariel são dotadas de sensores avançados, câmeras de vídeo e térmica com infravermelho e elas realizam voos automáticos de

até 30 minutos, para detectar possíveis manchas de óleo na água. Quando identifica alterações na coloração ou na temperatura da superfície marítima, o drone envia um alerta para o Tupan, que então coleta amostras de água e realiza testes utilizando sensores fluorímetros, o que garante maior precisão na confirmação da presença de óleo. Esse sistema revolucionário permite uma resposta rápida e eficaz a vazamentos, visto que minimiza falsos alarmes e otimiza as operações de contenção e limpeza (FAPESP, 2021).

Após passar por testes bem-sucedidos na baía de Guanabara, o Ariel se destacou no setor de tecnologia ambiental e recebeu o Prêmio de Inovação Tecnológica 2020 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) na categoria Redução de Impactos Ambientais e Energias Renováveis. Esse reconhecimento evidencia a importância do Ariel na modernização do monitoramento ambiental marítimo, pois torna-o uma ferramenta essencial para a preservação dos oceanos e a mitigação dos impactos da exploração petrolífera (FAPESP, 2021).

Conclusões

O monitoramento de derramamentos de óleo com o uso de Inteligência Artificial (IA), de satélites, de aeronaves remotamente pilotadas (RPA) e de técnicas de sensoriamento remoto representa um avanço crucial para a proteção dos ecossistemas marinhos. O petróleo bruto derramado no meio ambiente é uma ameaça grave, especialmente para áreas ecológicas sensíveis, como atóis e recifes de corais, que abrigam uma biodiversidade essencial para o equilíbrio dos oceanos.

Embora os acidentes com vazamento de óleo sejam imprevisíveis, as tecnologias modernas permitem uma resposta mais rápida e eficiente. A IA aplicada à análise de imagens de satélite possibilita a identificação automatizada e em tempo real de manchas de óleo, pois reduz o tempo de detecção e aumenta a eficácia das operações de contenção e mitigação. O sensoriamento remoto, por sua vez, permite a vigilância contínua de vastas áreas oceânicas, o que garante que derramamentos sejam identificados antes que causem impactos ambientais irreversíveis.

Diante do cenário atual de transição energética global, cientistas alertam para a necessidade de uma economia baseada em tecnologias sustentáveis, para minimizar os riscos ambientais associados à exploração e ao transporte de petróleo. No entanto, enquanto essa transformação não ocorre plenamente, é fundamental que o monitoramento seja realizado com

transparência e rigor, portanto que ele permita que governos, organizações ambientais e a sociedade acompanhem os riscos e as medidas adotadas para mitigá-los.

A combinação de IA, de satélites, RPAs e de sensoriamento remoto não apenas aprimora a capacidade de resposta a desastres ambientais, mas também fortalece o compromisso internacional com a preservação dos oceanos e da vida marinha, o que garante que os impactos da atividade humana sobre o meio ambiente sejam minimizados de forma eficaz e responsável.

Referências

BRASIL; MINISTÉRIO DA DEFESA; CENSIPAM. **Monitoramento da Amazônia Azul**. Disponível em: <https://www.gov.br/censipam/pt-br/atuacao/monitoramento-da-amazonia-azul>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL; MINISTÉRIO DA DEFESA; CENSIPAM. **CENSIPAM sedia *workshop* sobre monitoramento de óleo na Amazônia**. Disponível em: <https://www.gov.br/censipam/pt-br/central-de-conteudos/noticias/censipam-sedia-workshop-sobre-monitoramento-de-oleo-na-amazonia-azul>. Acesso em: 10 mar. 2025.

BRASIL; MINISTÉRIO DA DEFESA; CENSIPAM. **CENSIPAM fortalece parcerias e avança na proteção da Amazônia com inovação tecnológica**. Disponível em: <https://www.gov.br/censipam/pt-br/central-de-conteudos/noticias/censipam-fortalece-parcerias-e-avanca-na-protecao-da-amazonia-com-inovacao-tecnologica>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; IBAMA. **IBAMA, INPE e Marinha discutem execução do SISMOM**. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2023/ibama-inpe-e-marinha-discutem-execucao-do-sismom>. Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL; MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA; INPE. **Cooperações internacionais vigentes**. Disponível em: http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/relacoes_institucionais/cooperacoes_nacionais_vigentes.php. Acesso em: 12 maio 2025.

BRASIL; MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA; INPE. **Protocolo de Intenções que entre si celebram o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e a Universidade de São Paulo (USP)**. Disponível em: http://www.inpe.br/institucional/sobre_inpe/relacoes_institucionais/arquivos/PDI_USP_assinado.pdf. Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.966/2000, de 28 de abril de 2000**. Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou

perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19966.htm. Acesso em: 12 mar. 2025

BRASIL. **Decreto nº 2.870, de 10 de dezembro de 1998**. Promulga a Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, assinada em Londres, em 30 de novembro de 1990. Brasília, 1998. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2870.htm. Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 10.950, de 27 de janeiro de 2022**. Dispõe sobre o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10950.htm Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 10.950, de 27 de janeiro de 2022**. Dispõe sobre o Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo em Águas sob Jurisdição Nacional. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10950.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2010.950%2C%20DE%2027,em%20%C3%81guas%20sob%20Jurisdi%C3%A7%C3%A3o%20Nacional. Acesso 13 mar. 2025.

BRASIL. **Decreto n.º 2.508, de 4 de março de 1998**. Promulga o Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, concluída em Londres, em 2 de novembro de 1973, seu Protocolo, concluído em Londres, em 17 de fevereiro de 1978, suas Emendas de 1984 e seus Anexos Opcionais III, IV e V. Brasília, 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2508.htm#:~:text=D2508&text=DECRETO%20N%C2%BA%202.508%2C%20DE%204,Opcionais%20III%2C%20IV%20e%20V. Acesso em: 13 mar. 2025

BRASIL. **Decreto n.º 79.437 de 28 de março de 1977**. Promulga a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por óleo, 1969. Brasília, 1977. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d79437.htm#:~:text=DECRETO%20No%2079.437%2C%20DE,por%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20por%20%C3%B3leo%2C%201969. Acesso em: 13 mar. 2025.

BRASIL; MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES; AGÊNCIA BRASIL. **Balança comercial tem superávit** [...]. Disponível em: <https://agenciabrasil.etc.com.br/economia/noticia/2025-01/balanca-comercial-tem-superavit-de-us-7455-bilhoes-em-2024#:~:text=Petr%C3%B3leo,Sudeste%20e%20no%20Centro%20Oeste>. Acesso em: 12 mar. 2025

BRASIL. MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. AGÊNCIA BRASIL. **Pré-sal produzirá 82** [...]. Disponível em: <https://agenciabrasil.etc.com.br/economia/noticia/2021-11/pre-sal-produzira-82-bilhoes-de-barris-de-petroleo-na-proxima-decada>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. PPSA. **O pré-sal**. Disponível em: <https://www.presalpetroleo.gov.br/eng/o-pre-sal/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL. **Ministério Público Federal. Óleo na costa brasileira**. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/grandes-casos/casos-historicos/oleo-na-costa-brasileira/duvidas-frequentes>. Acesso em: 12 mar. 2025.

CANADA. **Justice Laws**. Disponível em: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/c-10.15/> Acesso em: 13 mar. 2025.

CHENGCHAO, W.; LANXIN, M.; LIU, L.H. Spectral radiative properties of seawater-in-oil emulsions in visible-infrared region. **J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.** 2021, 272, 107823. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2021.107823>. Acesso em: mar. 2025.

COSTA, W. C. L.; SILVA, A. S. A responsabilidade civil estatal frente aos desastres ambientais: o óleo no litoral do Nordeste. *In*: DA SILVEIRA, A. F.; MAMED, D. DE O.; FERREIRA, H. S.; DA SILVA, L. A. L.; CALEIRO, M. M. (org.). **Natureza, Povos e Sociedade de Risco**, v. IV, cap. 1, p. 7- 33. Curitiba: CEPEDIS, 2021.

BONNINGTON, A.; AMANI, M.; EBRAHIMY, H. Oil Spill Detection Using Satellite Imagery. **Adv. Environ. Eng. Res.** 2021, 2, 1. Disponível em: <https://doi.org/10.21926/aeer.2104024>. Acesso em: mar. 2025.

BREKKE, C.; SOLBERG, A. H. Oil spill detection by satellite remote sensing, *In*: **Remote sensing of environment** **95(1)**, 1-13 (2005).

DIXIT, A.; GOSWAMI, A.; JAIN, S. Development and Evaluation of a New “Snow Water Index (SWI)” for Accurate Snow Cover Delineation. *In*: **Remote Sens.** 2019, 11, 2774. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs11232774>. Acesso em: mar. 2025.

EMNA, A.; ALEXANDRE, B.; OLON, P. *et al.* . Offshore oil slicks detection from SAR images through the mask-rcnn deep learning model. *In*: **2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)** , 1–8, IEEE (2020).

ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENTO DE SEGURANÇA INTERNA DOS ESTADOS UNIDOS. **National Pollution Funds Center**. Disponível em: [https://www-uscg-mil.translate.goog/Mariners/National-Pollution-Funds-Center/About-NPFC/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=sge#:~:text=das%20partes%20respons%C3%A1veis,-,Lei%20de%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20por%20%C3%93leo%20\(OPA\),garantir%20resposta%20e%20recupera%C3%A7%C3%A3o%20eficazes](https://www-uscg-mil.translate.goog/Mariners/National-Pollution-Funds-Center/About-NPFC/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=sge#:~:text=das%20partes%20respons%C3%A1veis,-,Lei%20de%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20por%20%C3%93leo%20(OPA),garantir%20resposta%20e%20recupera%C3%A7%C3%A3o%20eficazes). Acesso em: 12 mar. 2025.

FINGAS, M.; BROWN, C.E. A Review of Oil Spill Remote Sensing. **Sensors** **2018**, 18, 91. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s18010091>. Acesso em: mar. 2025.

GIRARD-ARDHUIN, F., MERCIER, G., e GARELLO, R. Oil slick detection by SAR imagery: potential and limitation, **Oceans** **2003**. Celebrating the Past... Teaming Toward the Future (IEEE Cat. No. 03CH37492)], 1, 164-169, IEEE (2003).

HALL, S. **Mapping the Next Millennium: The Discovery of New Geographies**. 1st ed.; New York, NY, USA: Random House, 1992; ISBN 978-0394576350.

KOLOKOUSSIS, P.; KARATHANASSI, V. Oil Spill Detection and Mapping Using Sentinel 2 Imagery. **J. Mar. Sci. Eng.** 2018, 6, 4. <https://doi.org/10.3390/jmse6010004>. Acesso em: mar. 2025.

KRESTENITIS, M.; ORFANIDIS, G.; IOANNIDIS, K. *et al.* Oil spill identification from satellite images using deep neural networks. **Remote Sensing** **11(15)**, 1762 (2019).

KURATA, N.; VELLA, K.; HAMILTON, B. *et al.* Surfactant-associated bacteria in the near-surface layer of the ocean. **Si. Rep.** 2016, 6, 19123. <https://doi.org/10.1038/srep19123>

LOPES, Inez. O Brasil e o regime jurídico sobre responsabilidade civil internacional por poluição marinha por óleo: a necessidade de participação nas demais convenções regulatórias. In: OLIVEIRA, Carina Costa de; GALINDO, George Rodrigo Bandeira; SILVA, Solange Teles da; MONT'ALVERNE, Tarin Cristino Frota (org.). **Meio Ambiente Marinho e Direito**. Curitiba: Juruá Editora, 2017.

LOPES, Inez. O direito internacional privado e a responsabilidade civil extracontratual por danos ambientais causados por transportes marítimos à luz do direito brasileiro. **Revista de Direito Internacional**, Brasília, v. 12, n. 1, 2015 p. 216-239.

MOURA, Nájla Vilar Aires de; CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio de; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso; GUIMARÃES, Renato Fontes. Revisão sobre o uso de sensoriamento remoto na detecção de vazamentos de óleo no mar. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 75, p. 214–224, jun. 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>. Acesso em: mar. 2025.

MIEGEBIELLE, V.; DUBUCQ, D., *et al.* Use of remote sensing techniques to survey detect and interpret hydrocarbon seeps and spills. In: **International Petroleum Technology Conference**, International Petroleum Technology Conference (2015).

NAZIROVA, K.; LAVROVA, O. Monitoring of Marine Pollution in the Gulf of Lion Based on Remote Sensing Data. **Proceedings of the 2018 OCEANS—MTS/IEEE Kobe Techno-Oceans (OTO)**, Kobe, Japan, 28–31 May 2018; pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/OCEANSKOB.2018.8559272>. Acesso em: mar. 2025.

MILES, H. **The Island of Lost Maps: A True Story of Cartographic Crime**. New York: Random House, 2010; ISBN 978-0-375-50151-7.

PESQUISA FAPESP. **Robôs em alto-mar**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/robos-em-alto-mar/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

PLANÇO, L. R. **Incidente de Óleo nas Praias do Nordeste Brasileiro: Contribuições da Inteligência Operacional**. Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval Rio de Janeiro. 2022. Escola de Guerra Naval. https://www.marinha.mil.br/egn/sites/www.marinha.mil.br/egn/files/CEMOS_032_MONO_CC_CA_PLAN%C3%87O_0.pdf. Acesso em: 12 mar. 2025.

SOUSA, L. G. R.; DE MIRANDA, A. C.; DE MEDEIROS, H. B. Impacto ambiental e socioeconômico do derramamento de óleo na Baía de Guanabara. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, p. 94-108, 2013. DOI: 10.17271/19800827922013633. Acesso em: mar. 2025.

SUN, S.; Lu, Y.; Liu, Y.; Wang, M.; Hu, C. Tracking an Oil Tanker Collision and Spilled Oils in the East China Sea Using Multi-sensor Day and Night Satellite Imagery. **Geophys. Res. Lett.** 2018, 45, 3212–3220. <https://doi.org/10.1002/2018GL077433>. Acesso em: mar. 2025.

WANG, Chengchao; MA, Lanxin; LIU, Linhua. Spectral radiative properties of seawater-in-oil emulsions in visible-infrared region. **Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer**, v. 272, 2021.

YANG, J.; Wan, J.; Ma, Y.; Zhang, J.; Hu, Y. Characterization analysis and identification of common marine oil spill types using hyperspectral remote sensing. **Int. J. Remote Sens.** 2020, 41, 7163–7185. <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1754496>. Acesso em: mar. 2025.