

DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO E SEUS IMPACTOS NO AMBIENTE E NA SAÚDE HUMANA

OIL SPILLS AND ITS ENVIRONMENTAL AND HUMAN HEALTH IMPACTS

Camilla Szerman Euzebio 

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação do Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Macaé (RJ), Brasil.

Giovanna da Silveira Rangel 

Graduanda do Bacharelado em Ciências Biológicas do NUPEM, UFRJ – Macaé (RJ), Brasil.

Rejane Côrrea Marques 

Doutora em Biofísica, UFRJ. Professora no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação, NUPEM, e no curso de graduação em Enfermagem e Obstetrícia, UFRJ – Macaé (RJ), Brasil.

Endereço para correspondência:

Camilla Szerman Euzebio – Estrada dos Bandeirantes, 14000, casa 30 – Vargem Pequena – CEP 22783-112 – Rio de Janeiro (RJ), Brasil – E-mail: szerman@outlook.com

Recebido em: 14/05/2019

Aceito em: 16/08/19

RESUMO

A exploração petrolífera envolve atividades com alto índice poluidor que podem prejudicar a qualidade da água, do solo, do ar e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos seres vivos. A dependência energética mundial pautada nessa indústria causa grande exposição a desastres ambientais nas áreas exploradas, o que torna urgente a intensificação das pesquisas nesse campo. Esta revisão visou identificar estudos sobre os efeitos deletérios para o ambiente e para a saúde das populações em áreas de desastres associados a derramamentos de óleo. Os resultados evidenciam a relação entre a exposição de indivíduos a derramamentos de óleo e o conseqüente surgimento de efeitos físicos, psicológicos, genotóxicos e endócrinos nesses indivíduos. Contudo, ainda é necessário o desenvolvimento de estudos aprofundados visando ao estabelecimento de níveis agudos e crônicos de contaminação e seus efeitos na saúde humana, assim como protocolos rígidos de segurança ambiental dos processos, justificados pela frequência relativamente alta desse tipo de desastre.

Palavras-chave: derramamento de óleo; contaminação; petróleo; ambiente; saúde.

ABSTRACT

Oil exploration involves high pollution potential activities that may impair water, soil and air quality and, consequentially, the quality of life of living beings. The world's energetic dependence on this industry causes high exposure to environmental disasters in explored areas, which makes the intensification of researches in this field to be urgent. This review aims to identify studies on the deleterious effects on the environment and health of populations in oil spill disaster areas. The results show a relation between the exposure of individuals to oil spills and the consequent emergence of physical, psychological, genotoxic and endocrine effects on them. However, it is still necessary to develop in-depth studies aimed at establishing acute and chronic levels of contamination and their effects on human health, as well as strict processes environmental safety protocols, justified by the relatively high frequency of this type of disaster.

Keywords: oil spill; contamination; petroleum; environment; health.

INTRODUÇÃO

O processo exploratório do petróleo envolve atividades com alto índice de potencial poluidor, principalmente em sua fase de refino, na qual são utilizados equipamentos e técnicas que ainda não são tecnologicamente eficientes do ponto de vista ambiental. Durante esse processo são consumidas grandes quantidades de água e energia, produzindo líquidos poluidores (águas contaminadas despejadas a céu aberto, água de refrigeração, águas de processo e efluentes sanitários) e liberando gases nocivos na atmosfera (ROGOWSKA; NAMIEŚNIK, 2010; SINGH *et al.*, 2015). Além disso, são produzidos também resíduos sólidos de difícil tratamento sob a forma de lamas geradas em diversas etapas do processo de refino (MARIANO, 2001). A exploração *offshore* pode ocasionar vazamentos nos dutos e nas plataformas, afetando diretamente o meio ambiente mais próximo. Todos esses fatores, somados, podem prejudicar a qualidade da água, do solo, do ar e, por consequência, a qualidade de vida de todos os seres vivos.

A poluição marítima começou a ser vista com mais atenção nos anos 50 do século passado, após inúmeros casos de despejo de óleo por navios. Esse potencial poluidor do óleo foi reconhecido pela Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição do Mar por Óleo (OILPOL), ocorrida na Inglaterra, em 1954. A referida convenção instituiu um conjunto de competências que deveriam ser desempenhadas pela Organização Marítima Internacional (IMO) quando ela fosse constituída. Porém, a OILPOL entrou em vigor em 1958 (NORONHA; FERREIRA; PINTO, 2018). Foram definidas, a partir dessa convenção, formas de evitar a poluição definindo zonas de descarte proibido e obrigando as empresas envolvidas no processo a estabelecerem locais adequados para receber resíduos e águas com óleo (IMO, 2019).

A Convenção Internacional sobre Preparação, Resposta e Cooperação para Poluição por Óleo (OPRC 90) foi elaborada após o derramamento de óleo da Exxon Valdez 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 contenção de vazamentos e que exercícios simulados devem ocorrer frequentemente, a fim de evitar possíveis falhas técnicas (IMO, 2019).

No caso do Brasil, ao longo dos últimos anos, as leis relativas ao meio ambiente foram se tornando cada vez

mais rigorosas e o crescente avanço no processo de licenciamento ambiental específico para o setor de óleo e gás é um dos exemplos das tentativas de controlar os impactos causados por essa indústria. A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.939/81, art. 9, IV) e a Lei do Petróleo (Lei nº 9.479/97), com auxílio de órgãos reguladores e executores, tais como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Agência Nacional do Petróleo (ANP) e o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), são alguns dos mecanismos utilizados para regular a indústria do petróleo ambientalmente (SCHAFFEL, 2002). O princípio da precaução é adotado por todas essas leis, explicitando a importância de se adotar medidas que evitem desastres ambientais. Segundo tal princípio, se faz necessária a antecipação de potenciais perigos para a saúde humana e ambiental nesse cenário (MOTA, 2006).

Em janeiro de 2000, o rompimento de um oleoduto na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, lançou 1.300 m³ de óleo na região (GABARDO *et al.*, 2001; MACIEL-SOUZA *et al.*, 2006). Poucos meses depois, em abril do mesmo ano, a Lei nº 9.966/00, conhecida como Lei do Óleo, foi promulgada. Ela dispõe sobre prevenção, controle e fiscalização de contaminantes lançados na água por derramamento de óleo e outras substâncias nocivas ao meio ambiente (BRASIL, 2000).

Desde a criação da ANP, os órgãos legisladores e executores estão se especializando nos impactos causados por essa indústria. A dependência energética do Brasil e do mundo pautada nos produtos e subprodutos do petróleo causa uma maior exposição a desastres ambientais nas áreas mais exploradas para esse recurso. Derramamentos de óleo causados por falhas nos equipamentos e materiais utilizados, lançamento de gases poluentes na atmosfera durante as etapas de refino e tantos outros tipos de contaminação causados por petróleo tornam urgente a intensificação das pesquisas e leis voltadas a esse setor.

Essas leis, principalmente as relacionadas à indústria petrolífera, estavam em processo de enrijecimento à medida que novas necessidades foram surgindo, mas a partir das eleições presidenciais de 2018 o cenário da legislação ambiental brasileira começou a sofrer mudanças (FERRANTE; FEARNESIDE, 2019). O governo eleito demonstrou uma clara intenção de enfraquecer o

licenciamento ambiental (FEARNSIDE, 2018) e remover do IBAMA a autoridade desse licenciamento (SOTERRONI *et al.*, 2018). Exemplos desse enfraquecimento foram a mudança do setor de controle de desmatamento do Ministério do Meio Ambiente para o Ministério da Agricultura (FERRANTE; FEARNSIDE, 2019) e a iminente exploração petrolífera na região de Abrolhos, onde está localizado o Parque Nacional Marinho de Abrolhos, complexo recifal que serve como hábitat natural para diversas espécies endêmicas (BORGES, 2019).

Inúmeros derramamentos de óleo são contínuos e em menor escala, poluindo gradativamente os ambientes onde estão inseridos ao redor do mundo. Derramamentos em maior escala, com características de desastre ambiental, são mais estudados, como o da Exxon Valdez, no Alaska em 1989 (PALINKAS *et al.*, 2004; CARLS *et al.*, 2016; SHORT, 2017), o de Prestige na Espanha em 2002 (Moreno *et al.*, 2011) e o da costa das Ilhas Guimaras nas Filipinas em 2006 (UNO *et al.*, 2017), o encalhamento do navio de carga MSC Napoli na Inglaterra em 2007 (LEWIS *et al.*, 2010), o derramamento do Golfo de Taranto na Itália em 2012 (CRISAFI *et al.*, 2016) e o mais estudado de todos, o acidente envolvendo a explosão da plataforma Deepwater Horizon, no Golfo do México em 2010 (JERNELÖV, 2010; ROTKIN-ELLMAN *et al.*, 2012; BUCKINGHAM-HOWES *et al.*, 2019; HUETTEL *et al.*, 2018; PEREZ-UMPHREY *et al.*, 2018).

O primeiro grande derramamento intensamente estudado foi o da empresa Exxon Valdez, que despejou

pelo menos 43 mil m³ de óleo cru no mar do Alaska, em março de 1989. Por ter ocorrido em um local com pouca influência humana, seus impactos foram facilmente identificáveis, entre eles a redução do crescimento e o aparecimento de deformidades nos peixes pela ingestão de hidrocarbonetos (SHORT, 2017).

No Brasil, apenas nos quatro primeiros meses de 2019, a imprensa nacional reportou quatro vazamentos de óleo no Sudeste do país. Logo no começo do ano, em janeiro, um furo na parte inferior de uma plataforma ocasionou o vazamento de 4.900 litros de óleo no mar, na região offshore de Macaé, Rio de Janeiro (O GLOBO, 2019b). O vazamento de maior impacto, na costa do estado do Espírito Santo, foi de 260 mil litros de óleo, em uma operação de transferência entre a plataforma e o navio de carga (IBAMA, 2019). No mês de abril, dois vazamentos foram noticiados no Norte Fluminense, sendo um na altura dos municípios de Búzios, Arraial do Cabo e Cabo Frio (ISTO É, 2019) e o mais recente (22/04/2019) na altura da cidade de Campos dos Goytacazes (O GLOBO, 2019a).

Sendo assim, o objetivo deste manuscrito foi revisar os estudos sobre os efeitos deletérios da exposição ao óleo para o ambiente e para a saúde das populações, em áreas de desastre associadas a derramamentos de óleo. Os estudos foram classificados de acordo com o tipo de efeito encontrado nos diversos compartimentos ambientais e em seres humanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento da literatura sobre derramamento de óleo ao longo dos últimos 29 anos usando a opção “busca avançada” do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), disponível em <http://www.periodicos.capes.gov.br>. O periódico CAPES permite acesso a bases de dados de revistas científicas, tais como SciELO, Web of Science, Science Direct, PubMed e Scopus. O levantamento contemplou artigos publicados entre janeiro de 1990 e maio de 2019, considerando artigos em língua inglesa e portuguesa.

As palavras-chave usadas para a pesquisa dos artigos incluíram “oil spill”, “oil spill accident”, “oil spill residues”, “oil spill impacts”, “oil spill southeast Brazil”, “oil spill Gulf of Mexico”, “PAH and BTEX” e “derramamento pe-

tróleo”, selecionando aqueles que discutiam a questão dos impactos gerados por derramamento de petróleo. Buscou-se referências sobre acidentes envolvendo derramamentos de óleo em geral, bem como possíveis impactos gerados pelos contaminantes lançados no meio ambiente. A pesquisa dos termos “oil spill southeast Brazil” e “oil spill Gulf of Mexico”, especificamente, foi feita com o objetivo de comparar a produção científica sobre duas regiões no mundo que sofrem constantemente com derramamentos de óleo. Todavia, estudos sobre impactos causados pela indústria petrolífera fora dessas duas regiões também foram considerados.

Foram excluídos artigos em duplicata e aqueles que não atendiam ao objetivo do artigo, sendo incluídos 55 artigos para análise. Os artigos selecionados foram

tabulados de acordo com a descrição de suas principais características, tais como: ano de publicação, autor, periódico, objetivos e resultados. A análise dos artigos aconteceu em dois momentos. O primeiro foi a elaboração de um quadro sinóptico que contemplava os itens autor/periódico/ano de publicação, título do trabalho, objetivos e resultados. A visualização dos artigos nesse quadro permitiu avaliar se respondiam ao objetivo da revisão.

Os dados foram organizados de forma a relacionar os derramamentos de óleo e os efeitos já conhecidos dos derivados de petróleo bruto aos efeitos observados nos diferentes compartimentos ambientais e em seres humanos. Nesse sentido, buscou-se entender melhor a conexão entre todos esses fatores, uma vez que desastres ambientais nessas proporções afetam diretamente o meio ambiente e a vida da população que vive nas respectivas áreas de influência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os impactos causados pela indústria do petróleo são diversos e os poluentes liberados podem se acumular no solo e nos sedimentos, contaminar a fauna, a flora, a água e, principalmente, os seres humanos. Os indivíduos envolvidos diretamente na exploração petrolífera e aqueles que residem nas adjacências de campos exploratórios e/ou refinarias sofreram impactos em sua saúde física e psicológica. Ainda que alguns artigos tratem exclusivamente dos efeitos no meio ambiente

ou na saúde humana, é indiscutível que há associação direta entre ambos os fatores.

Dos 55 artigos selecionados para análise, três foram artigos de revisão sem área de estudo definida. Entre os 52 artigos restantes, a maior parte deles foi desenvolvida na Europa ou nos Estados Unidos (60%) (Tabela 1); 28 abordaram os impactos de derramamentos de óleo no meio ambiente e 27 discutiram os efeitos causados na saúde humana, sejam eles físicos ou psicológicos.

Impactos ambientais

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e os do grupo formado por benzeno, tolueno, etil-benzeno e xileno (BTEX) são compostos orgânicos gerados, entre outras fontes, pela indústria petrolífera, seja por derramamento de óleo, seja por emissões liberadas na atmosfera durante seu processo de refino. Esses compostos possuem papel de destaque em estudos ambientais por seu caráter mutagênico e carcinogênico, sendo considerados altamente poluentes (WHO, 1983; JANJUA *et al.*, 2006; ARIF; SHAH, 2007; MEO *et al.*, 2008; RIBEIRO, 2012; JUNG *et al.*, 2013; TANG *et al.*, 2013; TALASKA *et al.*, 2014). A exposição a esses conta-

minantes pode impactar o meio ambiente em diferentes formas e níveis, uma vez que ficam retidos no solo/sedimentos, dispersos na água e/ou bioacumulados nos indivíduos que entram em contato com esses contaminantes. A instalação de indústrias e novos blocos exploratórios de petróleo, as emissões veiculares e a combustão de biomassa são as principais fontes de liberação desses compostos (LI *et al.*, 2001; UNEP, 2002; SCHUSTER *et al.*, 2015), que são altamente resistentes à degradação química e biológica, intensificando seu tempo de permanência no ambiente.

Tabela 1 – Distribuição regional dos artigos considerados no presente estudo.

Região	Número de artigos	%
América do Norte (Estados Unidos)	25	48
Ásia	11	21
América do Sul	8	15
Europa	6	12
África	2	4

O Quadro 1 apresenta resultados encontrados em diferentes artigos sobre as consequências de derramamento de

Contaminação do solo e sedimentos

A contaminação de cabeceiras de rios é um problema que pode tomar grandes proporções, uma vez que os contaminantes podem ser levados a grandes distâncias ao longo do curso do rio, atingindo diversos indivíduos pelo caminho. Rosell-Melé *et al.* (2018) analisaram amostras de solo e sedimentos para investigar a ocorrência de poluição por hidrocarbonetos petrogênicos em áreas usadas para caça e pesca de populações indígenas na região noroeste da Amazônia peruana. A amostragem foi feita em uma região de exploração petrolífera em uma das cabeceiras do Rio Amazonas. O material coletado a jusante da exploração de óleo e da infraestrutura de processamento apresentou quantidades significativas de hopanos e esteranos, caracterizando uma assinatura de poluição. A presença de HPAs nos sedimentos sugere que populações indígenas e animais que vivem a jusante do rio estão expostos à ingestão desses contaminantes. Dada a ausência de outras possíveis fontes para esses compostos, os autores chegaram à conclusão de que as fontes mais prováveis seriam despejos voluntários e derramamentos acidentais de petróleo durante o processo de exploração.

óleo no ambiente, conforme o meio analisado em cada trabalho, sendo eles: solo e sedimentos; fauna e flora; e água.

No derramamento da Deepwater Horizon, 7 mil m³ de dispersantes foram lançados na água para aliviar os efeitos do óleo, decompondo grandes manchas em pequenas gotículas, aumentando a solubilidade dos hidrocarbonetos na água e facilitando o transporte para o sedimento. Muitas dessas gotículas são adsorvidas ao sedimento, resistindo aos processos de degradação, porém quando ocorre a suspensão do sedimento rico em hidrocarbonetos, a presença desses dispersantes potencializa a disponibilização dos poluentes de volta ao ambiente. No estudo de Duan *et al.* (2018) observou-se que principalmente aqueles poluentes com maior peso molecular, consequentemente mais resistentes ao intemperismo natural e com maior afinidade ao dispersante e/ou à matéria orgânica do sedimento, permaneceram em quantidades bastante superiores aos níveis anteriores ao derramamento mesmo cinco anos depois. Nos testes de ressuspensão do sedimento, o processo somente com água do mar resultou na desorção (retirada do poluente adsorvido ao sedimento) de 22,4% da concentração de hidrocarbonetos totais do sedimento, e com o uso de dispersantes para

Quadro 1 – Estudos sobre os impactos ambientais do derramamento de óleo.

Impactos	Autores/ano	Resultados
Solo e sedimentos	Maciel-Souza <i>et al.</i> , 2006; Short <i>et al.</i> , 2017; Duan <i>et al.</i> , 2018	Persistência de óleo nos sedimentos, mesmo depois de anos após o derramamento, independente do processo de intemperismo.
	Burgos-Núñez <i>et al.</i> , 2017; Rosell-Melé <i>et al.</i> , 2018	Assinatura de poluição proveniente de atividade petrolífera.
	Perez Calderon <i>et al.</i> , 2018	Efeitos variados de pressão, temperatura e contaminação por óleo na composição da comunidade bacteriana dentro do sedimento.
	Duan <i>et al.</i> , 2018	O uso de dispersantes potencializou o transporte de óleo para o sedimento e a disponibilização dos poluentes de volta para a água durante a ressuspensão.
	Lee <i>et al.</i> , 2019	Os HPAs foram mais resistentes à degradação e sua persistência pode ter impactos deletérios no ecossistema de sedimentos.
	Huettel <i>et al.</i> , 2018	Soterramento de óleo em areia de praia, gerando aumento da comunidade bacteriana e diminuição da diversidade da região.

Continua...

Quadro 1 – Continuação.

Impactos	Autores/ano	Resultados
Fauna e flora	Silva <i>et al.</i> , 2009; Lewis <i>et al.</i> , 2010; Sturve <i>et al.</i> , 2014; Santiago <i>et al.</i> , 2016; Short, 2017; Gutiérrez <i>et al.</i> , 2018; Ward <i>et al.</i> , 2017	Contaminação da fauna marinha, com danos ao DNA, redução da viabilidade celular, diminuição de função imune, inibição de enzimas, distúrbios nos mecanismos de defesa antioxidante, ação tóxica de radicais livres, redução do crescimento e aparecimento de deformidades.
	Burgos-Núñez <i>et al.</i> , 2017; Perez-Umphrey <i>et al.</i> , 2018	Correlação entre contaminação de sedimentos e aves, mostrando que derramamentos marinhos podem se estender imediatamente para ecossistemas terrestres.
	Al-Hashem; Brain; Omar, 2007	Contaminantes foram encontrados em lagartos e formigas anos após o último derramamento de óleo.
	Orta-Martínez <i>et al.</i> , 2018	A ingestão de solo e água em áreas contaminadas por petróleo em florestas tropicais úmidas são uma fonte potencial de exposição a compostos petrogênicos para fauna e comunidades humanas que dependem da caça de subsistência.
	Moreno <i>et al.</i> , 2011	As concentrações de Cu e Pb foram, respectivamente, duas e cinco vezes maiores do que antes do derramamento em gaivotas-de-patas-amarelas e corvos-marinhos-de-crista europeus.
	Zengel <i>et al.</i> , 2018	As <i>Phragmites</i> analisadas não se recuperaram totalmente e o óleo e a queima posterior resultaram em uma assembleia de espécies misturadas, no lugar da forte dominância das <i>Phragmites</i> .
	Reinert, Pinho e Ferreira, 2016	O monitoramento dos efeitos da poluição na vegetação de mangue detectou o comprometimento da função fotossintética antes da manifestação visual dos sintomas em resposta à contaminação por óleo.
	Uno <i>et al.</i> , 2017	As concentrações de HPAs nos crustáceos, avaliadas cinco anos depois, estavam oito vezes mais altas do que antes do derramamento.
	Ainsworth <i>et al.</i> , 2018	Diminuição da biomassa de grupos de peixes, mudança da estrutura etária, com perda de juvenis, alterações de distribuição, diversidade e relações tróficas.
	Uno <i>et al.</i> , 2010	Pireno, fenantreno e fluoranteno foram dominantes na maioria dos peixes; e criseno, em todos os crustáceos. As maiores concentrações de homólogos alquilados foram detectadas nos crustáceos, quando comparados aos peixes.
	Kang <i>et al.</i> , 2016	A meiofauna parece ser mais sensível ao estresse causado pela poluição de óleo nos locais contaminados.
Água	Ifelebuegu <i>et al.</i> , 2017	Deterioração da qualidade da água (aumento de turbidez, do total de sólidos dissolvidos e suspensos, de metais pesados etc.).
	Han <i>et al.</i> , 2018	HPAs continuaram presentes nos resíduos coletados depois de dois meses. Proteções costeiras tiveram papel importante no controle dos padrões de transporte de óleo.

a ressuspensão, esse valor aumenta para 31,9%; e para 38,2% nos diferentes tipos de dispersantes. Analisando os valores de hidrocarbonetos totais, n-alcanos e HPAs, foi relatado que 71,6% dos hidrocarbonetos, 74,8% dos n-alcanos e 91,9% dos HPAs continuaram muito estáveis em sua ligação ao sedimento mesmo com múltiplas ressuspensões com água do mar, mas com os dispersantes na água essas taxas diminuem para 57,3; 68,1 e 81,4%, respectivamente.

A região da Bacia de Cispatá, na Colômbia, mantém um importante porto onde chegam inúmeros carregamentos de óleo todos os dias, aumentando a probabilidade de alguma contaminação decorrente de vazamento nos navios que fazem o transporte. Com o objetivo de analisar esse cenário, Burgos-Nuñez *et al.* (2017) coletaram amostras de sedimento, água, peixes e aves marinhas para avaliar a presença de HPAs e metais pesados em águas rasas dessa região. Utilizando a técnica de análise por cromatografia gasosa, eles encontraram pelo menos um tipo de HPA em todas as amostras de água, sedimento, músculo de peixe e sangue de ave. A concentração total de HPAs variou de 0,03 a 0,34 ng.mL⁻¹ na água, de 7,0 a 41 ng.g⁻¹ nos sedimentos, 53,24 ng.g⁻¹ nos peixes e uma média de 66 ng.g⁻¹ nas aves. Segundo os autores, a presença desses hidrocarbonetos se deve, principal-

mente, a derramamentos de óleo durante o transporte até o porto que fica na região, justificada pelos índices de compostos que indicam origem petrogênica. Apesar de os resultados apresentarem concentrações de HPAs abaixo daquelas encontradas em áreas poluídas, a região sofre constantes derramamentos de óleo, sendo suscetível à futura contaminação do ecossistema estuarino e da biota associada.

Lee *et al.* (2019) verificaram que os HPAs foram mais resistentes à degradação e sua persistência pode ter impactos deletérios no ecossistema de sedimentos. Os autores avaliaram a recuperação microbiana de sedimentos costeiros, analisando a estrutura e a diversidade da comunidade microbiana e sua contribuição funcional para a degradação de HPAs. Os resultados mostraram que, mesmo que os poluentes estejam completamente degradados, a comunidade microbiana ainda não se recuperou completamente do derramamento de óleo do Hebei Spirit — passados mais de dez anos do derramamento no litoral da Coreia do Sul — e concluiu-se que a avaliação de ecossistemas microbianos em ambientes contaminados deve considerar tanto o destino de poluentes quanto a dinâmica de espécies microbianas que contribuem funcionalmente para a sua degradação.

Contaminação da flora

Algumas espécies vegetais podem ser ótimos marcadores de contaminação. Por retirarem nutrientes da água e do solo para sobreviver, quando uma dessas fontes está contaminada, os contaminantes aparecem retidos no corpo do vegetal (DE TEMMERMAN *et al.*, 2004).

A *Laguncularia racemosa* é uma espécie típica de manguezais e foi utilizada como marcadora da qualidade ambiental no trabalho de Reinert, Pinho e Ferreira (2016). Os autores utilizaram essa espécie para monitorar os efeitos da poluição da vegetação de um manguezal exposto à contaminação por meio de simulações de derramamentos de óleo. Os testes foram feitos acrescentando óleo ao sedimento que envolvia a planta, o que resultou em um decréscimo na performance fotossintética. O índice total de performance fotossintética caiu 80% depois de 13 dias de exposição e, depois de 17 dias, ainda não tinha sido recuperado.

Algumas espécies têm a habilidade de se recuperar rapidamente em situações de contaminação e podem

ser uma forma viável de restaurar o ambiente degradado. A *Phragmites australis*, por exemplo, é uma espécie comum em pântanos e possui essa capacidade. Zengel *et al.* (2018) estudaram como essa espécie pode ser utilizada na recuperação de um ambiente exposto a derramamentos de óleo, no delta do Rio Mississippi, localizado em Louisiana, Estados Unidos, e como a queima *in situ* auxilia no processo de remediação de desastres desse gênero. O trabalho analisou o impacto desse tipo de remediação na vegetação e sua recuperação ao longo de três anos. Os resultados apontaram que houve uma recuperação do hábitat relativamente rápida (concentrações de óleo abaixo dos níveis de *background* em três meses); a qualidade geral em termos de composição de espécies nativas e o potencial alimentar sofreram uma melhora local pela queima. Sendo assim, os autores concluíram que a queima *in situ* é uma alternativa viável para a remediação de áreas úmidas contaminadas por óleo e que possuem uma composição de espécies similar.

Contaminação da fauna

Os compostos contaminantes são encontrados em diferentes espécies, dependendo de seus hábitos alimentares e da região onde vivem. Alguns indivíduos são contaminados por contato direto com os agentes contaminantes e outros pelo seu papel na cadeia alimentar, ingerindo indivíduos previamente contaminados (MEADOR *et al.*, 1995). A diferença de concentração de contaminantes entre indivíduos expostos ao mesmo desastre pode ser explicada por diferenças entre os metabolismos das espécies (UNO *et al.*, 2010). Existem inúmeros estudos que analisam a contaminação por hidrocarbonetos em diferentes espécies.

Um biomarcador muito utilizado para medir o grau de contaminação de ambientes aquáticos é a análise da bile de diferentes espécies de peixes. Normalmente, em indivíduos expostos a contaminantes como HPAs a concentração desses compostos em sua bile será alta (STURVE *et al.*, 2014). Dependendo da concentração desses contaminantes, os resultados podem sugerir uma ação tóxica de radicais livres e distúrbios nos mecanismos de defesa antioxidantes dos organismos, além de lesões severas encontradas em estudos histopatológicos (SILVA *et al.*, 2009).

Santiago *et al.* (2016) e Gutiérrez *et al.* (2018) estudaram os impactos causados pela indústria do petróleo em mexilhões de Macaé, município do estado do Rio de Janeiro, principal base operacional de exploração de óleo *offshore* no Brasil. Os mexilhões foram escolhidos por serem organismos resistentes a muitos compostos químicos e por serem abundantes no ambiente, critérios recomendados para indicadores biológicos (GOLDBERG, 1975; AZEVEDO; ANDRADE BRÜNING; MOREIRA, 2004; FRANCIONI *et al.*, 2007; YOSHIMINE *et al.*, 2012). Segundo Santiago *et al.* (2016), as razões de HPAs encontradas indicam influência tanto de fontes pirogênicas quanto de fontes petrogênicas nos mexilhões, típico de uma grande área urbana com influência da indústria petrolífera. A concentração total de HPAs encontrada no estuário do Rio Macaé foi similar aos valores máximos reportados na Baía de Guanabara, uma área conhecida por contaminação generalizada de derivados de óleo. O trabalho de Gutiérrez *et al.* (2018) monitorou os ecossistemas costeiros da mesma região para avaliar a genotoxicidade. Os maiores danos no DNA foram observados em estuários urbanos, enquanto nas ilhas próximas à costa os níveis de genotoxicidade foram próximos de zero. Os mexilhões coletados nas praias apresentaram danos

intermediários, com influência da urbanização. Em ambos os trabalhos, a distribuição espacial das concentrações de HPAs e de genotoxicidade foi similar.

Até animais menores podem ser afetados por exposição a HPAs, como é o caso dos gastrópodes marinhos conhecidos como lapas, que no estudo de Lewis *et al.* (2010) sofreram impactos subletais após o segundo derramamento de óleo no acidente com o navio MSC Napoli, na Inglaterra. Assim como no caso dos mexilhões, esses indivíduos sofreram danos em seu DNA. Espécies que compõem a meiofauna, invertebrados que vivem enterrados no sedimento, também são afetadas por derramamentos de óleo, apresentando maior sensibilidade ao estresse em locais muito contaminados e mudanças em sua composição (KANG *et al.*, 2016).

Alguns organismos, como os crustáceos, podem demorar anos até serem considerados completamente regenerados. Crustáceos das Filipinas, por exemplo, que foram expostos a um derramamento de óleo apresentaram concentrações de HPA total oito vezes mais altas do que antes do desastre, mesmo já tendo se passado cinco anos (UNO *et al.*, 2017).

Ainsworth *et al.* (2018) realizaram um estudo usando um modelo ecossistêmico para os impactos do derramamento da plataforma Deepwater Horizon e a recuperação das populações dos grupos funcionais analisados de peixes, com validação das predições do modelo por meio de observações de veículos remotamente operados nos anos seguintes ao desastre. Com isso, eles puderam inferir uma grande queda de biomassa dos grupos, especialmente afetando o grupo dos peixes pequenos demersais e de recifes, seguidos pelos peixes grandes pelágicos e demersais. A grande diferença entre esses grupos está no tempo necessário para a recuperação dessa biomassa. A estimativa para os peixes menores foi de até 10 anos, enquanto peixes grandes demersais podem levar mais de 20 anos; e mais da metade grupo dos peixes grandes pelágicos levaria mais de 30 anos, com a possibilidade de não retornarem aos valores anteriores ao derramamento. Houve, ainda, impacto sobre a estrutura etária em quase todos os grupos, com grande perda de indivíduos juvenis, levando a uma diminuição do número de indivíduos em fase reprodutiva nas gerações seguintes. Além disso, os impactos sobre a distribuição e a diversidade das espécies geraram grande alteração das relações tróficas.

As aves podem ser contaminadas em derramamentos de óleo por contato direto com os poluentes ou por ingestão de peixes contaminados. Elas podem passar essa contaminação adiante, mas muitas vezes conseguem se regenerar depois de alguns anos (MORENO *et al.*, 2011). Moreno *et al.* (2011) analisaram as penas de duas espécies de aves marinhas (aquelas que têm o mar como hábitat e fonte de alimento) para monitorar os níveis e a persistência de metais pesados depois do derramamento de óleo do navio petroleiro Prestige, na Espanha. Tanto nas gaivotas quanto nos corvos-marinhos-de-crista, as concentrações de Cu e Pb foram, respectivamente, duas e cinco vezes maiores do que as concentrações antes do desastre ambiental, mas voltaram ao valor de *background* depois de três anos.

Além da contaminação de habitats marinhos, derramamentos de óleo podem se estender imediatamente para ecossistemas terrestres. Perez-Umphrey *et al.* (2018) analisaram amostras de fígado de pardais que viviam na região onde aconteceu o derramamento de óleo da plataforma Deepwater Horizon, no Golfo do México, e os padrões de HPAs encontrados nos sedimentos marinhos correspondem aos encontrados na análise dos pardais. Outra prova de que a contaminação pode percorrer lon-

Contaminação da água

Rios e oceanos podem ser contaminados direta ou indiretamente. A contaminação direta dos rios se dá por despejo de rejeito de exploração ao longo do curso d'água e/ou por ruptura de dutos que transportam o óleo até os portos. Indiretamente, essas águas podem ser afetadas pela entrada da água do mar contaminada por meio dos estuários (LACERDA *et al.*, 2008). A maior contaminação de água potável do Brasil se deu pelo rompimento de um duto proveniente da Refinaria Getúlio Vargas, que despejou 4 milhões de litros de óleo nos rios Barigui e Iguaçu, na Região Sudeste do país (SILVA *et al.*, 2009).

Características naturais da água, tais como turbidez, condutividade, quantidade de metais pesados, temperatura, pH, salinidade, entre outras, podem ser alteradas quando em contato com contaminantes como os HPAs. Um estudo feito no delta do Rio Níger mostrou uma de-

terioração da qualidade da água após um derramamento de óleo na região, com resultados fora dos limites nacionais e internacionais para água potável (IFELEBUEGU *et al.*, 2017). As condições climáticas também influenciam o comportamento desses contaminantes na água, aumentando a concentração de HPAs durante as estações mais chuvosas e, conseqüentemente, aumentando os efeitos carcinogênicos em função da exposição aos poluentes, principalmente de crianças (SARRIA-VILLA *et al.*, 2016). As correntes marítimas e as construções na costa podem alterar o padrão de propagação das plumas contaminantes, como foi o caso do derramamento de Chennai, cidade na costa da Índia, onde os quebra-mares aprisionaram parte do óleo que estava sendo carregado pela correnteza, facilitando o processo de limpeza manual da área (HAN *et al.*, 2018).

gas distâncias é a presença de HPAs em lagartos encontrados no deserto do Kuwait, longe do ponto principal de contaminação do campo de óleo de Al-Burgan. Por causa do grau de persistência desses contaminantes, mesmo 12 anos após o desastre, formigas que transitavam entre o local do derramamento e o deserto transferiram hidrocarbonetos para os lagartos que as comiam (AL-HASHEM; BRAIN; OMAR, 2007).

A exploração de petróleo onshore também contamina o ambiente ao redor e gera, muitas vezes, mudanças nos hábitos dos ecossistemas onde está inserida. O estudo de Orta-Martínez *et al.* (2018), feito com a instalação de câmeras em áreas contaminadas da Amazônia peruana, mostra animais como antas, pacas e veados se alimentando em locais contaminados. A água produzida é gerada como subproduto do petróleo durante seu processamento primário e contém alta salinidade (MOTTA, 2013). A região da Amazônia peruana é conhecida pela carência de sal, então as espécies matam a sede nesses locais contaminados devido à alta salinidade da água produzida. O maior problema dessa contaminação é que essas espécies são muito importantes na dieta das populações indígenas locais, podendo levar a contaminação aos seres humanos.

dos. No entanto, estudos sobre as repercussões da exposição ao óleo na saúde humana são escassos; grande

Impactos na saúde humana

Efeitos nocivos de derramamentos de óleo em diversas espécies de flora e fauna foram extensivamente estuda-

parte das investigações concentrou-se em efeitos agudos e sintomas psicológicos. A maioria deles era transversal e muitos não incluíram grupos controle (Quadro 2).

As populações que vivem próximas a áreas onde ocorreu derramamento de óleo estão mais suscetíveis a sofrer algum tipo de dano por contaminação. O óleo

Danos físicos

Uma vez que o petróleo possui compostos com características carcinogênicas, como os HPAs, muitos autores encontraram uma associação entre diversos

cru contém várias substâncias químicas tóxicas — com seus efeitos carcinogênicos, não carcinogênicos e mutagênicos para seres humanos — e os efeitos de longo prazo sobre a saúde, incluindo o desenvolvimento de câncer e doenças degenerativas resultantes dessa exposição podem resultar em uma carga substancial de doenças na população exposta (KIM *et al.*, 2013).

tipos de câncer (fígado, rins, pulmões, mama e próstata) e a exposição a locais que sofreram derramamentos de óleo (YANG *et al.*, 2000; BOERS *et al.*, 2005;

Quadro 2 – Estudos sobre os impactos do derramamento de óleo na saúde humana.

Impactos	Autores/ano	Resultados
Físicos	Merhi, 2010; Paz-y-Miño <i>et al.</i> , 2010; Harville <i>et al.</i> , 2018	Impactos no sistema reprodutivo, tais como infertilidade, aumento do risco de aborto espontâneo e de má formação congênita, diminuição da qualidade e aumento das taxas de anormalidade do sêmen.
	Harville <i>et al.</i> , 2017	As mulheres expostas a vazamentos de óleo têm maior probabilidade de relatar diabetes gestacional.
	Rotkin-Ellman <i>et al.</i> , 2012; D’Andrea; Reddy, 2014	Aumento do risco de câncer de fígado, rins, pulmões, mama e próstata.
	Lyons <i>et al.</i> , 1999; Janjua <i>et al.</i> , 2006; Zock <i>et al.</i> , 2007; Peres <i>et al.</i> , 2016; Harville <i>et al.</i> , 2017;	Dor e queimação na garganta e nos pulmões, sibilância, tontura, enjoo e dor de cabeça.
	Janjua <i>et al.</i> , 2006; Zock <i>et al.</i> , 2007; Meo <i>et al.</i> , 2008; Jung <i>et al.</i> , 2013; Kim <i>et al.</i> , 2013;	Redução das funções pulmonares e associação com efeitos respiratórios, tais como aumento de alergias, asma e falta de ar.
	Lyons <i>et al.</i> , 1999; Janjua <i>et al.</i> , 2006; Zock <i>et al.</i> , 2007; Peres <i>et al.</i> , 2016	Irritação na pele e nas mucosas (nariz e olhos).
	Strelitz <i>et al.</i> , 2018	Aumento de risco de infarto do miocárdio em trabalhadores expostos por mais de 180 dias.
Psicológicos	Gill; Picou 1998; Nriagu <i>et al.</i> , 2016; Rung <i>et al.</i> , 2016	Aumento dos níveis de estresse.
	Palinkas <i>et al.</i> , 1992; Palinkas <i>et al.</i> , 1993; Lyons <i>et al.</i> , 1999; Choi <i>et al.</i> , 2016; Rung <i>et al.</i> , 2016; Kwok <i>et al.</i> , 2017;	Ansiedade, transtorno do estresse pós-traumático, depressão e pensamentos suicidas.
	Palinkas <i>et al.</i> , 2004; Grattan <i>et al.</i> , 2011; Cherry <i>et al.</i> , 2015; Buckingham-Howes <i>et al.</i> , 2019	Perdas financeiras e culturais.
	Osofsky, Osofsky e Hansel, 2010; Rung <i>et al.</i> , 2016	Aumento e intensificação do uso de substâncias, como álcool e medicamentos, e de conflitos com parceiros.

ROTKIN-ELLMAN *et al.*, 2012; D'ANDREA; REDDY, 2014; ANTTILA *et al.*, 2015; STULTS; WEI, 2018).

O sistema reprodutivo pode ser severamente afetado, já que em locais mais expostos aos contaminantes o risco de aborto espontâneo tem índices mais altos (MERHI, 2010) e a qualidade do sêmen é pior (DE CELIS *et al.*, 2000; MERHI, 2010; PAZ-Y-MIÑO *et al.*, 2010).

Harville *et al.* (2017) mostraram que mulheres expostas ao derramamento de óleo do Golfo do México apresentaram maiores índices de diabetes gestacional, além de aumento de enjoo e tontura, que pode ser explicado pelo aumento dos níveis de glicose em situações de estresse. Porém, segundo os autores, ainda não é possível sugerir que a exposição de mulheres a derramamentos de óleo aumente o risco de complicações na gravidez, sendo necessários estudos mais aprofundados utilizando dados clínicos.

Indivíduos que vivem muito perto de campos de óleo e/ou trabalharam diretamente com a limpeza de locais onde houve derramamentos possuem maior probabilidade de apresentar irritações na pele, nos olhos e nas membranas mucosas (RAMIREZ *et al.*, 2017). Outros sintomas encontrados foram dores de cabeça, sibilância e queimação na garganta (LYONS *et al.*, 1999; JAN-

Danos psicológicos

Com relação aos efeitos sobre a saúde mental, a maioria dos estudos investigou os efeitos indiretos do acidente que afetou a subsistência das pessoas expostas, mas não os efeitos tóxicos diretos dos produtos químicos do petróleo.

Acidentes envolvendo contaminação por derramamento de petróleo afetam psicologicamente os indivíduos, uma vez que podem prejudicar a economia local (venda e consumo de peixes e frutos do mar) (CHERRY *et al.*, 2015), diminuir a oferta de água potável e áreas recreativas (IFELEBUEGU *et al.*, 2017), entre outros fatores. Entre seus diversos efeitos, destaca-se o aumento no nível de estresse (GILL; PICOU, 1998; NRIAGU *et al.*, 2016; RUNG *et al.*, 2016), ansiedade, transtorno do estresse pós-traumático e depressão (PALINKAS *et al.*, 1992; PALINKAS *et al.*, 1993; LYONS *et al.*, 1999; GRATTAN *et al.*, 2011; CHOI *et al.*, 2016; RUNG *et al.*, 2016; KWOK *et al.*, 2017).

Osofsky, Osofsky e Hansel (2010) e Rung *et al.* (2016) concluíram que indivíduos envolvidos em atividades de

JUA *et al.*, 2006; ZOCK *et al.*, 2007; PERES *et al.*, 2016; HARVILLE *et al.*, 2017).

Um estudo feito por Strelitz *et al.* (2018) sobre o desastre de Deepwater Horizon mostrou aumento expressivo de infarto do miocárdio em indivíduos que trabalharam na limpeza do óleo e/ou moravam nas proximidades de onde ocorreu o derramamento. Os autores sugerem que mais estudos sejam feitos para definir se esse aumento é devido à exposição a compostos contaminantes propriamente ditos, se é pelo aumento do estresse causado pelo calor ou por uma associação de ambos os fatores.

A exposição aos contaminantes pode gerar diversos efeitos respiratórios, tais como redução das funções pulmonares, agravamento de alergias respiratórias, asma e falta de ar (JANJUA *et al.*, 2006; ARIF; SHAH, 2007; MEO *et al.*, 2008; MILLER *et al.*, 2010; JUNG *et al.*, 2013). No estudo feito por Zock *et al.* (2007), foi feita uma associação entre a utilização de máscara e doenças no trato respiratório. Os resultados encontrados pelos autores mostraram que mais da metade dos trabalhadores envolvidos na limpeza do derramamento de óleo de Prestige nunca havia usado ou raramente usava máscara de proteção e que aqueles que possuíam o hábito de utilizá-la diariamente apresentaram menores índices de doenças respiratórias.

limpeza de óleo e moradores expostos a locais prejudicados por derramamentos possuem maior tendência a utilizar substâncias como álcool e medicamentos, quando comparados a outros locais e, muitas vezes, há um aumento na quantidade e na intensidade dos conflitos com parceiros (maridos, esposas etc.).

Um estudo feito com a população residente ao redor do Delta do Rio Níger, na Nigéria, mostrou que altos níveis de estresse emocional foram encontrados em pessoas afetadas pelo derramamento de óleo na região (NRIAGU *et al.*, 2016). O trabalho de limpar manualmente as áreas afetadas pode ser bastante estressante, uma vez que normalmente é feito por moradores locais que antes pescavam na mesma região para vender e alimentar suas famílias. Esses indivíduos possuem maior tendência a desenvolver depressão e estresse pós-traumático, como os trabalhadores envolvidos na limpeza do desastre do Golfo do México (KWOK *et al.*, 2017) e

os povos nativos do Alaska após o derramamento da Exxon Valdez (PALINKAS *et al.*, 2004).

O estudo sobre o derramamento de óleo do Hebei Spirit também mostrou aumento dos sintomas de depressão, ansiedade, transtorno do estresse pós-traumático e até mesmo ideação suicida associados à proximidade do local do derramamento de óleo (CHOI *et al.*, 2016). Esse estu-

Estudos feitos no Brasil

A análise dos artigos selecionados aponta os diferentes impactos causados pela indústria do petróleo, permitindo constatar a escassez de estudos feitos no Brasil e, conseqüentemente, a quantificação dos danos dessas atividades no país. A maioria dos artigos publicados contempla a contaminação do meio ambiente, não dando ênfase aos impactos gerados na saúde humana, seja por exposição direta ou por contaminação indireta.

Silva *et al.* (2009) analisaram amostras de água e de bile de peixe, com resultados sugerindo distúrbios nos mecanismos de defesa antioxidante, além de lesões severas nos tecidos. Eles concluíram que o óleo decorrente de um derramamento no Sudeste do Brasil ainda continua biodisponível na biota e pode continuar afetando a água do Rio Barigui, parte da bacia hidrográfica do Iguçu.

do usou a distância do local onde o óleo foi derramado para a área residencial como um *proxy* para a exposição. Já o estudo de Kwok *et al.* (2017) oferece importantes e inovadores *insights*, pois a variável de exposição foi uma medida do total de hidrocarbonetos do petróleo bruto com base na exposição da matriz de trabalho, avançando assim nossa compreensão do mecanismo potencial do efeito do derramamento de óleo na saúde mental.

Santiago *et al.* (2016) e, posteriormente, Gutiérrez *et al.* (2018) coletaram amostras de mexilhões na costa de Macaé, município do estado do Rio de Janeiro que conta com grande influência das atividades petrolíferas. Ambos os estudos apresentaram altas concentrações de HPAs, principalmente nas regiões de estuários urbanos, influenciados também pelo processo de urbanização. Santiago *et al.* (2016) encontraram sinais de contaminação inclusive no Arquipélago de Santana, local preservado e próximo à costa. Já no trabalho desenvolvido por Gutiérrez *et al.* (2018), dois anos depois, as mesmas ilhas apresentaram níveis de genotoxicidade próximos a zero, sugerindo uma degradação dos poluentes ao longo dos anos.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Apesar de o levantamento bibliográfico geral apontar uma produção científica mais robusta nos países desenvolvidos, o presente estudo buscou utilizar quantidades equivalentes de artigos em países desenvolvidos e em desenvolvimento, uma vez que se entende que os efeitos causados pela indústria petrolífera sejam mais intensos em locais economicamente menos desenvolvidos (HOWARTH *et al.*, 2011). Sendo assim, foram considerados 31 dos Estados Unidos e da Europa e 21 da África, Ásia e América do Sul. Foram considerados 28 artigos que abordam os impactos do petróleo no meio ambiente, sendo 3 artigos de revisão e 27 que tratam sobre os efeitos na saúde humana.

Dos 27 artigos que discutiram os impactos na saúde humana, 20 foram elaborados em países desenvolvidos. A escassez de artigos focados nos efeitos dos derramamentos de óleo nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento evidencia a necessidade de investimentos nessa área.

Embora a América Latina tenha países com grande potencial de exploração de petróleo — caso do Brasil, da Venezuela, do Equador e do Peru —, ainda há grande carência de estudos sobre o tema. A título de exemplo, entre os anos 2000 e 2018, houve crescimento de 110% na produção de petróleo brasileira e de 54% na produção peruana, mas o número de artigos publicados não seguiu o mesmo ritmo (IBP, 2019).

Há um déficit de estudos especializados, sobretudo em países emergentes, incluindo o Brasil. Uma possível explicação para a discrepância de trabalhos entre regiões é que os países do Hemisfério Norte, em geral, têm maior tradição na exploração de petróleo, sendo os Estados Unidos o primeiro país a conseguir extrair petróleo do subsolo, em 1859 (MBP, 2014). Portanto, foram confrontados primeiro com os impactos da indústria petrolífera, estimulando esses países ao desenvolvimento de pesquisas. Além disso, é inegável que países desenvolvidos destinam uma parte

substancial de verbas para pesquisa, favorecendo o desenvolvimento de trabalhos nessa área.

Exemplo claro da diferença de quantidade entre as produções científicas é terem sido encontrados 9.818 artigos pesquisando por “oil spill Gulf of Mexico” e apenas 714 buscando pelo termo “oil spill southeast Brazil”.

Ainda existe uma escassez de estudos referentes à exposição humana. Entretanto, nota-se uma crescente preocupação com o entendimento dos impactos psi-

cológicos, além dos físicos, nos indivíduos expostos aos contaminantes, seja por desestabilização da sua principal fonte de renda, seja por mudanças forçadas em seus hábitos culturais. Os resultados dos artigos citados ao longo deste trabalho mostram o alto potencial poluidor da indústria do petróleo na saúde humana, como diversos tipos de câncer (mama, rim, fígado etc.), irritações na pele e nos olhos, surgimento/agravamento de doenças respiratórias e alérgicas, aumento do risco de aborto espontâneo, diminuição da qualidade do sêmen, depressão, estresse pós-traumático, entre outros.

CONCLUSÃO

A proposta desta revisão foi identificar e compreender como os efeitos deletérios da exposição ao óleo para o ambiente e para a saúde das populações, em áreas de desastre associadas a derramamentos de óleo, têm sido discutidos pela comunidade científica. Constatou-se que o conhecimento acumulado sobre a temática ainda é substancialmente mais robusto nos países desenvolvidos, quando comparados ao resto do mundo. A América do Sul, especialmente Brasil e Venezuela, necessita de investimentos em pesquisas voltadas para o setor. Ademais, a maior parte (51%) dos estudos considerados nesta revisão tende a priorizar impactos no meio ambiente, sendo importante ressaltar a indispensabilidade de pesquisas que abordem os efeitos do setor na saúde humana.

A revisão bibliográfica feita no presente estudo evidencia a relação entre a exposição de indivíduos a derramamento de óleo e o consequente surgimento de efeitos físicos, psicológicos, genotóxicos e endócrinos. A necessidade do desenvolvimento de protocolos detalhados para segurança ambiental dos processos e estudos cada vez mais aprofundados nesse tema, para que sejam detectados possíveis efeitos prejudiciais à saúde e se estabeleçam níveis de efeitos agudos e crônicos, é justificada pela frequência relativamente alta desse tipo de desastre ambiental ao redor do mundo.

Com a mudança de posicionamento frente à questão ambiental estabelecida por governos como os do Brasil e dos Estados Unidos, cresce, ainda mais, a necessidade de desenvolver pesquisas aprofundadas que sirvam de base para contestar medidas que agridam o meio ambiente.

Nesse sentido, a matriz energética brasileira, basicamente pautada na atividade petrolífera, necessita se atentar aos impactos ambientais causados por essa indústria, pois acidentes com derramamento de petróleo na região sudeste do Brasil têm sido constantemente relatados pela mídia nacional na última década. Contraditoriamente, artigos publicados sobre o assunto ainda são poucos, se comparados aos países do Hemisfério Norte.

Quanto aos efeitos sofridos pelo meio ambiente, existem boas razões para acreditar que a história se repetirá. Para evitar que esse tipo de desastre seja tão recorrente, é necessário questionar o que deve ser feito para que não mais ocorra e, como resposta óbvia, regulamentos mais rigorosos e supervisão mais efetiva devem ser colocados em prática. Estratégias de prevenção de explosões, por exemplo, devem ser exigidas para acompanhar o desenvolvimento de técnicas de perfuração em águas profundas. Considerando o grau de importância da indústria petrolífera em escala global, o enrijecimento da legislação ambiental pode não ser facilmente estabelecido e encontrar resistência dos envolvidos no setor.

REFERÊNCIAS

AINSWORTH, C.H.; PARIS, C.B.; PERLIN, N.; DORNBERGER, L.N.; PATTERSON, W.F.; CHANCELLOR, E.; MURAWSKI, S.; HOLLANDER, D.; DALY, K.; ROMERO, I.C.; COLEMAN, F.; PERRYMAN, H. Impacts of the Deepwater Horizon oil spill evaluated using an end-to-end ecosystem model. *PLoS One*, v. 13, n. 1, p. 1-21, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190840>

- AL-HASHEM, M.A.; BRAIN, P.F.; OMAR, S.A. Effects of oil pollution at Kuwait's greater Al-Burgan oil field on polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in the tissues of the desert lizard *Acanthodactylus scutellatus* and their ant prey. *Ecotoxicology*, v. 16, n. 8, p. 551-555, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10646-007-0161-1>
- ANTTILA, A.; POKHREL, A.; HEIKKILÄ, P.; VIINANEN, R.; PUKKALA, E. Kidney cancer risk in oil refining in Finland: a nested case-referent study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, v. 57, n. 1, p. 68-72, 2015. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000301>
- ARIF, A.A.; SHAH, S. M. Association between personal exposure to volatile organic compounds and asthma among US adult population. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, v. 80, n. 8, p. 711-719, 2007. <https://doi.org/10.1007/s00420-007-0183-2>
- AZEVEDO, L.A.; ANDRADE BRÜNING, I.M.R.; MOREIRA, I. Hydrocarbon contamination in mussels from Guanabara Bay. *Marine Pollution Bulletin*, v. 49, n. 11-12, p. 1120-1122, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.10.003>
- BRASIL. *Lei nº 9.966, 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. Brasil, 2000.
- BOERS, D.; ZEEGERS, M.P.; SWAEN, G.M.; KANT, I.; VAN DEN BRANDT, P.A. The influence of occupational exposure to pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, diesel exhaust, metal dust, metal fumes, and mineral oil on prostate cancer: a prospective cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, v. 62, n. 8, p. 531-537, 2005. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.018622>
- BORGES, A. Presidente do IBAMA rejeita análise técnica e autoriza leilão de petróleo próximo a Abrolhos. *O Estado de S.Paulo*, 2019. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,presidente-do-ibama-rejeita-analise-tecnica-e-autoriza-leilao-de-petroleo-proximo-a-abrolhos,70002783166>>. Acesso em: 28 jul. 2019.
- BUCKINGHAM-HOWES, S.; HOLMES, K.; GLENN MORRIS, J.; GRATAN, L. M. Prolonged Financial Distress After the Deepwater Horizon Oil Spill Predicts Behavioral Health. *The Journal of Behavioral Health Services & Research*, v. 46, n. 2, p. 294-305, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11414-018-9602-2>
- BURGOS-NÚÑEZ, S.; NAVARRO-FRÓMETA, A.; MARRUGO-NEGRETE, J.; ENAMORADO-MONTES, G.; URANGO-CÁRDENAS, I. Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the Cispata Bay, Colombia: A marine tropical ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, v. 120, n. 1-2, p. 379-386, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.016>
- CARLS, M.G.; HOLLAND, L.; IRVINE, G.V.; MANN, D.H.; LINDEBERG, M. Petroleum biomarkers as tracers of Exxon Valdez oil. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 35, n. 11, p. 2683-2690, 2016. <https://doi.org/10.1002/etc.3454>
- CHERRY, K.E.; LYON, B.A.; MARKS, L.D.; NEZAT, P.F.; ADAMEK, R.; WALSH, S.D.; FITZGERALD, K.B.; ANBINDER, D.R.; BERNACCHIO, C.V. After the BP Deepwater Horizon Oil Spill: Financial and Health Concerns Among Coastal Residents and Commercial Fishers. *Current Psychology*, v. 34, n. 3, p. 576-586, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s12144-015-9372-4>
- CHOI, K.H.; LIM, M.H.; HA, M.; SOHN, J.N.; KANG, J.W.; CHOI, Y.H.; CHEONG, H.K. Psychological vulnerability of residents of communities affected by the Hebei Spirit oil spill. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, v. 10, n. 1, p. 51-58, 2016. <https://doi.org/10.1017/dmp.2015.68>
- CRISAFI, F.; GENOVESE, M.; SMEDILE, F.; RUSSO, D.; CATALFAMO, M.; YAKIMOV, M.; GIULIANO, L.; DENARO, R. Bioremediation technologies for polluted seawater sampled after an oil-spill in Taranto Gulf (Italy): A comparison of biostimulation, bioaugmentation and use of a washing agent in microcosm studies. *Marine Pollution Bulletin*, v. 106, n. 1-2, p. 119-126, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.017>
- D'ANDREA, M.A.; REDDY, G.K. Health risks associated with crude oil spill exposure. *The American Journal of Medicine*, v. 127, n. 9, p. 886-891, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.04.035>

- DE CELIS, R.; FERIA-VELASCO, A.; GONZÁLEZ-UNZAGA, M.; TORRES-CALLEJA, J.; PEDRÓN-NUEVO, N. Semen quality of workers occupationally exposed to hydrocarbons. *Fertility and Sterility*, v. 73, n. 2, p. 221-228, 2000. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(99\)00515-4](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(99)00515-4)
- DE TEMMERMAN, L.; BELL, J.N.B.; GARREC, J.P.; KLUMPP, A.; KRAUSE, G.H.M.; TONNEIJCK, A.E.G. Biomonitoring of air pollutants with plants – considerations for the future. *Urban Air Pollution, Bioindication and Environmental Awareness*, p. 337-373, 2004.
- DUAN, J.; LIU, W.; ZHAO, X.; HAN, Y.; O'REILLY, S.E.; ZHAO, D. Study of residual oil in Bay Jimmy sediment 5 years after the Deepwater Horizon oil spill: Persistence of sediment retained oil hydrocarbons and effect of dispersants on desorption. *Science of Total Environment*, v. 618, p. 1244-1253, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.234>
- FEARNSIDE, P. Why Brazil's new president poses an unprecedented threat to the Amazon. *Yale Environment 360*, 2018. Disponível em: <<https://e360.yale.edu/features/why-brazils-new-president-poses-an-unprecedented-threat-to-the-amazon>>. Acesso em: 4 ago. 2019.
- FERRANTE, L.; FEARNSIDE, P. Brazil's new president and "ruralists" threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. *Environmental Conservation*, p. 1-3, 2019. <https://doi.org/10.1017/S0376892919000213>
- FRANCIONI, E.; WAGENER ADE, L.; SCOFIELD ADE, L.; DEPLEGGE, M.H.; CAVALIER, B.; SETTE, C.B.; CARVALHOSA, L.; LOZINSKY, C.; MARIATH, R. Polycyclic aromatic hydrocarbon in inter-tidal mussel *Perna perna*: space-time observations, source investigation and genotoxicity. *Science of the Total Environment*, v. 372, n. 2-3, p. 515-531, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.08.046>
- GABARDO, I.T.; MENICONI, M.F.G.; FALCÃO, L.V.; VITAL, N.A.A.; PEREIRA, R.C.L.; CARREIRA, R.S. Hydrocarbon and ecotoxicity in seawater and sediment samples of Guanabara Bay after the oil spill in January 2000. In: INTERNATIONAL OIL SPILL CONFERENCE, 2001. *Anais...* American Petroleum Institute, 2001. p. 941-950.
- GILL, D.; PICOU, J. Technological disaster and chronic community stress. *Society and Natural Resources*, v. 11, n. 8, p. 795-815, 1998.
- GOLDBERG, E.D. The mussel watch - a first step in global marine monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, v. 6, n. 7, p. 111, 1975. [https://doi.org/10.1016/0025-326x\(75\)90271-4](https://doi.org/10.1016/0025-326x(75)90271-4)
- GRATTAN, L.M.; ROBERTS, S.; MAHAN JR., W.T.; MCLAUGHLIN, P.K.; OTWELL, W.S.; MORRIS JR., J.G. The early psychological impacts of the Deepwater Horizon Oil Spill on Florida and Alabama Communities. *Environmental Health Perspectives*, v. 119, n. 6, p. 838-843, 2011. <https://dx.doi.org/10.1289%2Fehp.1002915>
- GUTIÉRREZ, J.M.; CONCEIÇÃO, M.B.; MOLISANI, M.M.; WEBER, L.I. Genotoxicity Biomonitoring Along a Coastal Zone Under Influence of Offshore Petroleum Exploration (Southeastern Brazil). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 100, n. 3, p. 338-343, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2276-x>
- HAN, Y.; NAMBI, I.M.; PRABHAKAR CLEMENT, T. Environmental impacts of the Chennai oil spill accident – A case study. *Science of the Total Environment*, v. 626, p. 795-806, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.128>
- HARVILLE, E.W.; SHANKAR, A.; ZILVERSMIT, L.; BUEKENS, P. Self-Reported Oil Spill Exposure and Pregnancy Complications: The GROWH Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 14, n. 7, p. 692-702, 2017. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph14070692>
- HARVILLE, E.W.; SHANKAR, A.; ZILVERSMIT, L.; BUEKENS, P. The Gulf oil spill, miscarriage, and infertility: the GROWH study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, v. 91, n. 1, p. 47-56, 2018. <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs00420-017-1257-4>

HOWARTH, R.; INGRAFFEA, A.; ENGELDER, T. Should fracking stop? *Nature*, v. 477, n. 7364, p. 271-275, 2011. <https://doi.org/10.1038/477271a>

HUETTEL, M.; OVERHOLT, W.A.; KOSTKA, J.E.; HAGAN, C.; KABA, J.; WELLS, W.B.; DUDLEY, S. Degradation of Deepwater Horizon oil buried in a Florida beach influenced by tidal pumping. *Marine Pollution Bulletin*, v. 126, p. 488-500, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.061>

IFELEBUEGU, A.O.; UKPEBOR, J.E.; AHUKANNAH, A.U.; NNADI, E.O.; THEOPHILUS, S.C. Environmental effects of crude oil spill on the physicochemical and hydrobiological characteristics of the Nun River, Niger Delta. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 189, n. 4, p. 173, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5882-x>

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS (IBP). *Crescimento da produção de petróleo na América Latina*. IBP, 2019. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/crescimento-da-producao-de-petroleo-na-america-latina/>>. Acesso em: 8 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Vazamento na P-58 causa mancha de óleo a 85 km do litoral do ES. *IBAMA*, 24 fev. 2019. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/notas/1900-vazamento-na-p-58-causa-mancha-de-oleo-a-85-km-do-litoral-do-es>>. Acesso em: 23 out. 2019.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO). *Conventions*. Disponível em: <<http://www.imo.org>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

ISTO É. Petrobras apura causa do terceiro vazamento de óleo em 2019. *Isto É*, 6 abr. 2019. Seção Estadão Conteúdo. Disponível em: <<https://istoe.com.br/petrobras-apura-causa-do-terceiro-vazamento-de-oleo-em-2019/>>. Acesso em: 23 out. 2019.

JANJUA, N.Z.; KASI, P.M.; NAWAZ, H.; FAROOQUI, S.Z.; KHUWAJA, U.B.; NAJAM-UL-HASSAN; JAFRI, S.N.; LUFTI, S.A.; KADIR, M.M.; SATHIAKUMAR, N. Acute health effects of the Tasman Spirit oil spill on residents of Karachi, Pakistan. *BMC Public Health*, v. 6, p. 84-95, 2006. <https://dx.doi.org/10.1186%2F1471-2458-6-84>

JERNELÖV, A. The threats from oil spills: now, then, and in the future. *AMBIO*, v. 39, n. 5-6, p. 353-366, 2010. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0085-5>

JUNG, S.C.; KIM, K.M.; LEE, K.S.; ROH, S.; JEONG, W.C.; KWAK, S.J.; LEE, I.J.; CHOI, Y.H.; NOH, S.R.; HUR, J.I.; JEE, Y.K. Respiratory Effects of the Hebei Spirit Oil Spill on Children in Taean, Korea. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, v. 5, n. 6, p. 365-370, 2013. <https://dx.doi.org/10.4168%2Faa.2013.5.6.365>

KANG, T.; OH, J.H.; HONG, J.S.; KIM, D. Effect of the Hebei Spirit oil spill on intertidal meiofaunal communities in Tean, Korea. *Marine Pollution Bulletin*, v. 113, n. 1-2, p. 444-453, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.047>

KIM, Y.M.; PARK, J.H.; CHOI, K.; NOH, S.R.; CHOI, Y.H.; CHEONG, H.K. Burden of disease attributable to the Hebei Spirit oil spill in Taean, Korea. *BMJ Open*, v. 3, n. 9, p. 1-8, 2013. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003334>

KWOK, R.K.; MCGRATH, J.A.; LOWE, S.R.; ENGEL, L.S.; JACKSON, W.B.; CURRY, M.D.; PAYNE, J.; GALEA, S.; SANDLER, D.P. Mental health indicators associated with oil spill response and clean-up: cross-sectional analysis of the GULF STUDY cohort. *The Lancet Public Health*, v. 2, n. 12, p. e560-567, 2017. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(17\)30194-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(17)30194-9)

LACERDA, L.D.; MOLISANI, M.M.; SENA, D.; MAIA, L.P. Estimating the importance of natural and anthropogenic sources on N and P emission to estuaries along the Ceará State Coast NE Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 41, n. 1-3, p. 149-164, 2008. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9884-y>

LEE, H.; LEE, D.W.; KWON, S.L.; HEO, Y.M.; JANG, S.; KWON, B.O.; KHIM, J.S.; KIM, G.H.; KIM, J.J. Importance of functional diversity in assessing the recovery of the microbial community after the Hebei Spirit oil spill in Korea. *Environment International*, v. 128, p. 89-94, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.039>

- LEWIS, C.; GUITART, C.; POOK, C.; SCARLETT, A.; READMAN, J.W.; GALLOWAY, T.S. Integrated assessment of oil pollution using biological monitoring and chemical fingerprinting. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 29, n. 6, p. 1358-1366, 2010. <http://dx.doi.org/10.1002/etc.156>
- LI, K.; CHRISTENSEN, E.R.; VAN CAMP, R.P.; IMAMOGLU, I. PAHs in dated sediments of Ashtabula river, Ohio, USA. *Environmental Science & Technology*, v. 35, n. 14, p. 2896-2902, 2001. <https://doi.org/10.1021/es001790f>
- LYONS, R.A.; TEMPLE, J.M.; EVANS, D.; FONE, D.L.; PALMER, S.R. Acute health effects of the Sea Empress oil spill. *Journal of Epidemiology and Community Health*, v. 53, n. 5, p. 306-310, 1999.
- MACIEL-SOUZA, M.C.; MACRAE, A.; VOLPON, A.G.T.; FERREIRA, P.S.; MENDONÇA-HAGLER, L.C. Chemical and microbiological characterization of mangrove sediments after a large oil-spill in Guanabara Bay - RJ - Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 37, n. 3, p. 262-266, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822006000300013>
- MARIANO, J.B. *Impactos ambientais do refino de petróleo*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001.
- MEADOR, J.P.; STEIN, J.E.; REICHERT, W.L.; VARANASI, U. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by marine organisms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 143, p. 79-165, 1995.
- MEO, S.A.; AL-DREES, A.M.; MEO, I.M.U.; AL-SAAD, M.M.; AZEEM, M.A. Lung function in subjects exposed to crude oil spill into sea water. *Marine Pollution Bulletin*, v. 56, n. 1, p. 88-94, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.039>
- MERHI, Z.O. Gulf Coast oil disaster: Impact on human reproduction. *Fertility and Sterility*, v. 94, n. 5, p. 1575-1577, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2010.08.036>
- MILLER, R.L.; GARFINKEL, R.; LENDOR, C.; HOEPNER, L.; LI, Z.; ROMANOFF, L.; SJODIN, A.; NEEDHAM, L.; PERERA, F.P.; WHYATT, R.M. Polycyclic aromatic hydrocarbon metabolite levels and pediatric allergy and asthma in an inner-city cohort. *Pediatric Allergy and Immunology*, v. 21, n. 2 Parte 1, p. 260-267, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3038.2009.00980.x>
- MORENO, R.; JOVER, L.; DIEZ, C.; SANPERA, C. Seabird feathers as monitors of the levels and persistence of heavy metal pollution after the Prestige oil spill. *Environmental Pollution*, v. 159, n. 10, p. 2454-2460, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.06.033>
- MOTA, M. Princípio da precaução no Direito Ambiental: uma construção a partir da razoabilidade e da proporcionalidade. *Revista Brasileira de Direito do Petróleo, Gás e Energia*, v. 2, p. 1-42, 2006. <https://doi.org/10.12957/rbdp.2006.5723>
- MOTTA, A.R.P.; BORGES, C.P.; KIPERSTOK, A.; ESQUERRE, K.P.; ARAUJO, P.M.; BRANCO, P.N. Tratamento de água produzida de petróleo para remoção de óleo por processos de separação por membranas: revisão. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 1, p. 15-26, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522013000100003>
- NORONHA, I.R.; FERREIRA, M.I.P.; PINTO, A.E.M. Riscos e danos ambientais associados às atividades da cadeia produtiva do petróleo: instrumentos de comando e controle para mitigação dos impactos de vazamentos de óleo. *Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 596-613, 2018. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018596-613>
- NRIAGU, J.; UDOFIA, E.A.; EKONG, I.; EBUK, G. Health Risks Associated with Oil Pollution in the Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 13, n. 3, p. 346, 2016. <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijerph13030346>
- O GLOBO. Petrobras paralisa produção na P-25 após vazamento em oleoduto na Bacia de Campos. *O Globo*, 22 abr. 2019a. Seção Economia. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/04/22/petrobras-paralisa-producao-na-p-25-apos-vazamento-em-oleoduto-na-bacia-de-campos.ghtml>>. Acesso em: 23 out. 2019.

_____. Vazamento de óleo em plataforma da Petrobras atinge litoral do Rio. *O Globo*, 3 jan. 2019b. Seção Norte Fluminense. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2019/01/03/vazamento-de-oleo-em-plataforma-da-petrobras-atinge-litoral-do-rio.ghtml>>. Acesso em: 23 out. 2019.

ORTA-MARTÍNEZ, M.; ROSELL-MELÉ, A.; CARTRÓ-SABATÉ, M.; O'CALLAGHAN-GORDO, C.; MORALEDA-CIBRIÁN, N.; MAYOR, P. First evidences of Amazonian wildlife feeding on petroleum-contaminated soils: A new exposure route to petrogenic compounds? *Environmental Research*, v. 160, p. 514-517, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.009>

OSOFSKY, H.J.; OSOFSKY, J.D.; HANSEL, T.C. Mental health effects of the Gulf Oil Spill. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, v. 5, n. 4, p. 280-286, 2010. <https://doi.org/10.1001/dmp.2011.85>

PALINKAS, L.A.; PETERSON, J.S.; RUSSEL, J.; DOWNS, M.A. Community patterns of psychiatric-disorders after the Exxon-Valdez oil-spill. *American Journal of Psychiatry*, v. 150, n. 10, p. 1517-1523, 1993. <https://doi.org/10.1176/ajp.150.10.1517>

PALINKAS, L.A.; PETERSON, J.S.; RUSSEL, J.; DOWNS, M.A. Ethnic Differences in Symptoms of Post- traumatic Stress after the Exxon Valdez Oil Spill. *Prehospital and Disaster Medicine*, v. 19, n. 1, p. 102-112, 2004.

PALINKAS, L.A.; RUSSEL, J.; DOWNS, M.A.; PETERSON, J.S. Ethnic differences in stress, coping, and depressive symptoms after the Exxon Valdez oil-spill. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, v. 180, n. 5, p. 287-295, 1992. <https://doi.org/10.1097/00005053-199205000-00002>

PAZ-Y-MIÑO, C.; CASTRO, B.; CORTÉS, A.L.; MUÑOZ, M.J.; CABRERA, A.; HERRERA, C.; MALDONADO, A.; VALLADARES, C.; SÁNCHEZ, M.E. Impacto genético en comunidades Amazónicas del Ecuador localizadas en zonas petroleras. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, v. 31, n. 1-2, p. 7-19, 2010. <https://doi.org/10.26807/remcb.v31i1-2.39>

PEREZ CALDERON, L. J.; GONTIKAKI, E.; POTTS, L. D.; SHAW, S.; GALLEGOS, A.; ANDERSON, J. A.; WITTE, U. Pressure and temperature effects on deep-sea hydrocarbon-degrading microbial communities in subarctic sediments. *Microbiology Open*, v. 16, p. 768-779, 2018. <http://doi.gov/10.1002/mbo3.768>

PERES, L.C.; TRAPIDO, E.; RUNG, A.L.; HARRINGTON, D.J.; ORAL, E.; FANG, Z.; FONTHAM, E.; PETERS, E.S. The deepwater horizon oil spill and physical health among adult women in southern Louisiana: The Women and Their Children's Health (WaTCH) study. *Environmental Health Perspectives*, v. 124, n. 8, p. 1208-1213, 2016. <https://doi.org/10.1289/ehp.1510348>

PEREZ-UMPHREY, A.A.; BERGEON BURNS, C.M.; STOUFFER, P.C.; WOLTMANN, S.; TAYLOR, S.S. Polycyclic aromatic hydrocarbon exposure in seaside sparrows (*Ammodramus maritimus*) following the 2010 Deepwater Horizon oil spill. *Science of the Total Environment*, v. 630, p. 1086-1094, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.281>

PÓS-GRADUAÇÃO EXECUTIVA EM PETRÓLEO E GÁS (MBP). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia é a unidade da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). *História do Petróleo*. Rio de Janeiro: Pós-Graduação Executiva em Petróleo e Gás, COPPE, UFRJ, 2014. Disponível em: <<http://petroleo.coppe.ufrj.br/historia-do-petroleo/>>. Acesso em: 9 ago. 2019.

RAMIREZ, M.I.; AREVALO, A.P.; SOTOMAYOR, S.; BAILON-MOSCOSO, N. Contamination by oil crude extraction e Refinement and their effects on human health. *Environmental Pollution*, v. 231, n. 1, p. 415-425, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.017>

REINERT, F.; PINHO, C.F.; FERREIRA, M.A. Diagnosing the level of stress on a mangrove species (*Laguncularia racemosa*) contaminated with oil: A necessary step for monitoring mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, v. 113, n. 1-2, p. 94-99, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.070>

- RIBEIRO, H. Impactos da exploração do petróleo na saúde humana. *Revista USP*, n. 95, p. 61-71, 2012. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i95p61-71>
- ROGOWSKA, J.; NAMIEŚNIK, J. Environmental implications of oil spills from shipping accidents. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 206, p. 95-114, 2010. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6260-7_5
- ROSELL-MELÉ, A.; MORALEDA-CIBRIÁN, N.; CARTRÓ-SABATÉ, M.; COLOMER-VENTURA, F.; MAYOR, P.; ORTA-MARTÍNEZ, M. Oil pollution in soils and sediments from the Northern Peruvian Amazon. *Science of the Total Environment*, v. 610-611, p. 1010-1019, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.208>
- ROTKIN-ELLMAN, M.; WONG, K.K.; SOLOMON, G.M. Seafood contamination after the BP Gulf oil spill and risks to vulnerable populations: a critique of the FDA Risk Assessment. *Environmental Health Perspectives*, v. 120, n. 2, p. 157-161, 2012. <https://dx.doi.org/10.1289%2Fehp.1103695>
- RUNG, A.L.; GASTON, S.; ORAL, E.; ROBINSON, W.T.; FONTHAM, E.; HARRINGTON, D.J.; TRAPIDO, E.; PETERS, E.S. Depression, Mental Distress, and Domestic Conflict among Louisiana Women Exposed to the Deepwater Horizon Oil Spill in the WaTCH Study. *Environmental Health Perspectives*, v. 124, n. 9, p. 1429-1435, 2016. <https://dx.doi.org/10.1289%2FEHP167>
- SANTIAGO, I.U.; MOLISANI, M.M.; NUDI, A.H.; SCOFIELD, A.L.; WAGENER, A.L.R.; LIMAVERDE FILHO, A.M. Hydrocarbons and trace metals in mussels in the Macaé coast: Preliminary assessment for a coastal zone under influence of offshore oil field exploration in southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 103, n. 1-2, p. 349-353, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.12.034>
- SARRIA-VILLA, R.; OCAMPO-DUQUE, W.; PÁEZ, M.; SCHUHMACHER, M. Presence of PAHs in water and sediments of the Colombian Cauca River during heavy rain episodes, and implications for risk assessment. *Science of the Total Environment*, v. 540, p. 455-465, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.020>
- SCHAFFEL, S.B. *A questão ambiental na etapa de perfuração de poços marítimos de óleo e gás no Brasil*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.
- SCHUSTER, J.K.; HARNER, T.; SU, K.; MIHELE, C.; ENG, A. First results from the oil sands passive air monitoring network for polycyclic aromatic compounds. *Environmental Science & Technology*, v. 49, n. 5, p. 2991-2998, 2015. <https://doi.org/10.1021/es505684e>
- SHORT, J.W. Advances in understanding the fate and effects of oil from accidental spills in the United States beginning with the Exxon Valdez. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 73, n. 1, p. 5-11, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00244-016-0359-4>
- SILVA, C.A.; OLIVEIRA RIBEIRO, C.A.; KATSUMITI, A.; ARAÚJO, M.L.; ZANDONÁ, E.M.; COSTA SILVA, G. P.; MASCHIO, J.; ROCHE, H.; SILVA DE ASSIS, H. C. Evaluation of waterborne exposure to oil spill 5 years after an accident in Southern Brazil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 72, n. 2, p. 400-409, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.03.009>
- SINGH, A.; ASMATH, H.; CHEE, C.L.; DARSAN, J. Potential oil spill risk from shipping and the implications for management in the Caribbean Sea Mar. *Marine Pollution Bulletin*, v. 93, n. 1-2, p. 217-227, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.01.013>
- SOTERRONI, A.C.; MOSNIER, A.; CARVALHO, A.X.Y.; CÂMARA, G.; OBERSTEINER, M.; ANDRADE, P.R.; SOUZA, R.C.; BROCK, R.; PIRKER, J.; KRAXNER, F.; HAVLÍK, P.; KAPOS, V.; ZU ERMGASSEN, E.K.H.J.; VALIN, H.; RAMOS, F.M. Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 7, p. 1-13, 2018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaccbb>
- STRELITZ, J.; ENGEL, L.S.; KWOK, R.K.; MILLER, A.K.; BLAIR, A.; SANDLER, D.P. Deepwater Horizon oil spill exposures and nonfatal myocardial infarction in the GuLF STUDY. *Environmental Health: a Global Access Science Source*, v. 17, n. 1, p. 69, 2018. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0408-8>

- STULTS, W.P.; WEI, Y. Ambient air emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons and female breast cancer incidence in US. *Medical Oncology*, v. 35, n. 6, p. 88, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12032-018-1150-3>
- STURVE, J.; BALK, L.; LIEWENBORG, B.; ADOLFSSON-ERICI, M.; FÖRLIN, L.; ALMROTH, B.C. Effects of an oil spill in a harbor assessed using biomarkers of exposure in eelpout. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 21, n. 24, p. 13758-13768, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-2890-z>
- TALASKA, G.; THOROMAN, J.; SCHUMAN, B.; KÄFFERLEIN, H.U. Biomarkers of polycyclic aromatic hydrocarbon exposure in European coke oven workers. *Toxicology Letters*, v. 231, n. 2, p. 213-216, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.10.025>
- TANG, D.L.; KRYVENKO, O.N.; WANG, Y.; JANKOWSKI, M.; TRUDEAU, S.; RUNDLE, A.; RYBICKI, B.A. Elevated polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA adducts in benign prostate and risk of prostate cancer in African Americans. *Carcinogenesis*, v. 34, n. 1, p. 113-120, 2013. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgs326>
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP). Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances. *Eastern and Western South America Regional Report*, 2002.
- UNO, S.; KOYAMA, J.; KOKUSHI, E.; MONTECLARO, H.; SANTANDER, S.; CHEIKYULA, J.O.; MIKI, S.; AÑASCO, N.; PAHILA, I.G.; TABERNA JR., H.S.; MATSUOKA, T. Monitoring of PAHs and alkylated PAHs in aquatic organisms after 1 month from the Solar I oil spill off the coast of Guimaras Island, Philippines. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 165, n. 1-4, p. 501-515, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0962-1>
- UNO, S.; KOKUSHI, E.; AÑASCO, N.; IWAI, T.; ITO, K.; KOYAMA, J. Oil spill off the coast of Guimaras Island, Philippines: Distributions and changes of polycyclic aromatic hydrocarbons in shellfish. *Marine Pollution Bulletin*, v. 124, n. 2, p. 962-973, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.062>
- WARD, E. J.; ADKISON, M.; COUTURE, J.; DRESSEL, S. C.; LITZOW, M. A.; MOFFITT, S.; NEHER, T. H.; TROCHTA, J.; BRENNER, R. Evaluating signals of oil spill impacts, climate, and species interactions in Pacific herring and Pacific salmon populations in Prince William Sound and Copper River, Alaska. *PLOS One*, v. 12, n. 3, p. 1-24, 2017. <http://doi.gov/10.1371/journal.pone.0172898>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Polynuclear Aromatic Compounds, Part I, Chemical environmental and experimental data*, 32. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, 1983. 477 p.
- YANG, C.Y.; CHENG, B.H.; HSU, T.Y.; TSAI, S.S.; HUNG, C.F.; WU, T.N. Female Lung Cancer Mortality and Sex Ratios at Birth near a Petroleum Refinery Plant. *Environmental Research Section A*, v. 83, n. 1, p. 33-40, 2000. <https://doi.org/10.1006/enrs.2000.4038>
- YOSHIMINE, R.V.; CARREIRA, R.S.; SCOFIELD, A.L.; WAGENER, A.L. Regional assessment of PAHs contamination in SE Brazil using brown mussels (*Perna perna* Linnaeus 1758). *Marine Pollution Bulletin*, v. 64, n. 11, p. 2581-2587, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.013>
- ZENGEL, S.; WEAVER, J.; WILDER, S.L.; DAUZAT, J.; SANFILIPPO, C.; MILES, M.S.; JELLISON, K.; DOELLING, P.; DAVIS, A.; FORTIER, B.K.; HARRIS, J.; PANACCIONE, J.; WALL, S.; NIXON, Z. Vegetation recovery in an oil-impacted and burned *Phragmites australis* tidal freshwater marsh. *Science of the Total Environment*, v. 612, p. 231-237, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.221>
- ZOCK, J.P.; RODRÍGUEZ-TRIGO, G.; POZO-RODRÍGUEZ, F.; BARBERÀ, J.A.; BOUSO, L.; TORRALBA, Y.; ANTÓ, J.M.; GÓMEZ, F.P.; FUSTER, C.; VERA, H. Prolonged respiratory symptoms in clean-up workers of the Prestige oil spill. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 176, n. 6, p. 610-616, 2007. <https://doi.org/10.1164/rccm.200701-016OC>

