



## GESTÃO DE RISCOS DE DERRAMAMENTO DE HIDROCARBONETOS E DERIVADOS NA ZONA COSTEIRA: O CASO DO PORTO DE SANTOS

MARINA CARRATO GALUZZI DA SILVA, HERLANDER MATA-LIMA

Recebido: fevereiro 2019

Aceite: maio 2019

### Por favor, citar este manuscrito como: | *Please, cite this manuscript as:*

Silva, M. C. G., & Mata-Lima, H. (2019). Gestão de riscos de derramamento de hidrocarbonetos e derivados na zona costeira – O caso do Porto de Santos [Oil spill risk management in the coastal zone – The case of Port of Santos]. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*. doi: 10.18055/Finis17216

### NOTA

Este é um arquivo PDF de um manuscrito ainda não editado, mas aceite para publicação (manuscrito “em publicação”). Enquanto um serviço, a Finisterra disponibiliza esta versão inicial do manuscrito que será submetido a edição de texto, formatação e revisão de prova antes de ser publicado na sua forma final. Note que durante o processo de produção podem ser encontrados alguns erros que afetam o conteúdo, e todas as isenções legais se aplicam à revista.

Manuscritos “em publicação” estão aceites e revistos por pares, mas ainda não foram atribuídos a volumes/edições, mas são citáveis usando o DOI.

Quando o manuscrito final é atribuído aos volumes/edições da publicação, o manuscrito “em publicação” será removido e a sua versão final aparecerá nos volumes/edições publicadas. Embora os manuscritos “em publicação” ainda não tenham todos os detalhes bibliográficos disponíveis, já podem ser citados usando o ano da publicação *on-line* e o DOI: autoria, título, publicação (ano), DOI.

### NOTE

*This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication (manuscript “in press”). As a service we are providing this early version of the manuscript. The unedited manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Note that during the production process some errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.*

*Manuscripts “in press” are accepted and peer reviewed but are not yet assigned to volumes/issues, but are citable using DOI.*

*When the final manuscript is assigned to volumes/issues of the publication, the manuscript “in press” will be removed and the final version will appear in the associated published volumes/issues of the publication. Please be aware that, although manuscripts “in press” do not have all bibliographic details available yet, they can already be cited using the year of online publication and the DOI, as follows: author(s), title, publication (year), DOI.*

## GESTÃO DE RISCOS DE DERRAMAMENTO DE HIDROCARBONETOS E DERIVADOS NA ZONA COSTEIRA: O CASO DO PORTO DE SANTOS

MARINA CARRATO GALUZZI DA SILVA<sup>1</sup>

HERLANDER MATA-LIMA<sup>2</sup>

**RESUMO** – O Porto de Santos vem sofrendo expansão das atividades, impactando a gestão urbana e ambiental do município de Santos, São Paulo, Brasil. O artigo analisa globalmente os contextos referentes à política e ações de proteção marítima e costeira contra derramamentos de hidrocarbonetos (oil spill) e derivados (HD), como subsídio à proposição de uma ferramenta integrada de gestão de riscos de derramamento de HD na zona costeira. A metodologia contempla a revisão e síntese do estado atual do conhecimento, inventariação das atividades portuárias, uso de métodos quantitativos e qualitativos para avaliação do risco, identificação dos fatores que o determinam, avaliação dos paradigmas do risco (Perigo-Exposição-Vulnerabilidade) e quantificação do risco. O estudo permitiu caracterizar a evolução temporal e a distribuição espacial de acidentes envolvendo derramamentos de HD, identificar fatores críticos de sucesso de uma ferramenta para gestão de riscos de derramamento de HD e avaliar o risco de derramamento de HD na zona costeira do Porto de Santos/SP, tendo obtido uma classificação global de risco médio.

**Palavras-chave:** Zona costeira; derramamento de hidrocarbonetos e derivados; impacto ambiental; gestão de riscos sistêmicos; Porto de Santos.

**ABSTRACT** – OIL SPILL RISK MANAGEMENT IN THE COASTAL ZONE: THE CASE OF PORT OF SANTOS. The Port of Santos has been undergoing continuous expansion of its activities. The article aims to analyse globally the contexts related to the policy and actions of maritime and coastal protection against oil spills, as a contribution to the proposal of an integrated risk management tool for oil spills in the coastal zone related to port activities. The methodology includes a bibliographic review and synthesis of the current state of knowledge, inventory of port activities, quantitative and qualitative methods of risk assessment, identification of factors that determine it, evaluation of its paradigms (Danger-Exposure-Vulnerability) and risk quantification. The study permitted the characterization of the temporal evolution and the spatial distribution of accidents involving oil spills, to identify critical success factors on a risk management tool for oil spills and to evaluate the risk of these kinds of spillage in the coastal zone of Port of Santos/SP.

**Keywords:** Coastal zone; oil spill; environmental impacts; systemic risk management; Port of Santos.

**RÉSUMÉ** – GESTION DU RISQUE DE DÉVERSEMENT D'HYDROCARBURES ET DÉRIVÉS DANS LA ZONE CÔTIÈRE: LE CAS DU PORTO DE SANTOS. Une forte expansion des activités est en cour au Port de Santos, ce qui impacte la gestion urbaine de la municipalité. L'article analyse globalement les contextes liés à la politique et aux actions de protection maritime et côtière contre les marées noires et leurs dérivés, en tant que contribution à la proposition d'un outil de gestion intégrée des risques de marée noire dans la zone côtière. La méthodologie comprend la révision et la synthèse de l'état actuel des connaissances, l'inventaire des activités portuaires, l'utilisation de méthodes quantitatives et qualitatives d'évaluation des risques, l'identification des facteurs qui leur déterminent, l'évaluation des paradigmes de risque (Danger-Exposition-Vulnérabilité) et la quantification du risque. L'étude a permis de caractériser l'évolution temporelle et la répartition spatiale des accidents impliquant des déversements HD, de déterminer les facteurs de succès critiques d'un outil de gestion des risques liés aux déversements HD et d'évaluer le risque de déversement HD dans la zone côtière du port de Santos/SP, ayant obtenu une évaluation du risque moyen global.

**Mots-clés:** Zone côtière; déversements d'hydrocarbures et de dérivés (HD); impact environnemental; gestion du risque systémique; Port de Santos.

<sup>1</sup> Bolsista de Investigação, Programa de Pós-graduação em Energia (PPGENE), Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS), Universidade Federal do ABC, 09210-580, Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, Brasil. E-mail: [marina.carrato@ufabc.edu.br](mailto:marina.carrato@ufabc.edu.br)

<sup>2</sup> Doutor em Ciências de Engenharia, Programa de Pós-graduação em Ambiente construído (PROAC), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora(MG), Brasil. E-mail: [hmatalima@gmail.com](mailto:hmatalima@gmail.com)

**RESUMEN** – GESTIÓN DE RIESGOS DE DERRAMAMIENTO DE HIDROCARBUROS Y DERIVADOS EN ZONA COSTERA: EL CASO DEL PUERTO DE SANTOS. El Puerto de Santos viene sufriendo una expansión de las actividades, con impacto en la gestión urbana y ambiental del municipio de Santos, São Paulo, Brasil. El artículo analiza globalmente los contextos referentes a la política y acciones de protección marítima y costera, contra derrames de hidrocarburos (oil spill) y derivados (HD), como subsidio a la propuesta de una herramienta integrada de gestión de riesgos de derramamiento de HD en la zona costera. La metodología contempla la revisión y síntesis del estado actual del conocimiento; inventario de las actividades portuarias; uso de métodos cuantitativos y cualitativos para evaluación del riesgo e identificación de los factores que lo determinan; evaluación de los paradigmas del riesgo (Peligro-Exposición-Vulnerabilidad); y, cuantificación del riesgo. El estudio permitió caracterizar la evolución temporal y la distribución espacial de accidentes involucrando derrames de HD; identificar factores críticos de éxito de una herramienta para gestión de riesgos de derramamiento de HD; y, evaluar el riesgo de derramamiento de HD en la zona costera del Puerto de Santos, obteniendo una clasificación global de riesgo medio.

**Palabras clave:** Zona costera; derrames de hidrocarburos y derivados; impacto ambiental; gestión de riesgos sistémicos; Puerto de Santos.

## I. INTRODUÇÃO

A poluição provinda do derramamento de Hidrocarbonetos e Derivados (HD) exerce efeitos nocivos sobre o ecossistema marinho (Maritime Connectors, 2013) e a sua dispersão e lenta decomposição expande e prolonga o efeito negativo, por exemplo, na zona costeira (e.g. floresta litoral, mangue, estuários) (Singh, Asmath, & Darsan, 2015). A oferta mundial de energia primária continua a ser dominada por combustíveis fósseis (Schutz, Massuquetti, & Alves, 2013). No Brasil, os hidrocarbonetos (petróleo e gás) representam mais de 55% da oferta total de energia primária (Goldemberg, 2009; EPE, 2015), razão pela qual a gestão de riscos do derramamento de hidrocarbonetos (*oil spill*) no alto mar e zonas costeiras, onde estão localizados os grandes portos, tem merecido crescente atenção dos pesquisadores e instituições nos últimos anos (Balmat, Lafont, Maifret, & Pessel, 2011; Puig, Wooldridge, Michail, & Darbra, 2015), designadamente no que se refere à identificação dos fatores de risco de poluição ambiental provenientes do transporte de HD em navios e/ou exploração de plataformas petrolíferas (Sage, 2005; Vinnem, 2010; Bekefi & Epstein, 2011).

Os vazamentos de hidrocarbonetos no mar podem representar riscos gravíssimos nas esferas ambiental, econômica e social (Wieczorek, Dias-Brito, & Milanelli, 2007; Li, Cai, Lin, Chen, & Zhang, 2016). DeCola e Fletcher (2006), Bekefi e Epstein (2011) e Kongsvik, Johnsen, e Sklet (2011) destacam que, dentre as diversas variantes levadas em conta nos processos avaliativos, o estudo das condições de trabalho exigidas por parte das empresas da indústria de petróleo e gás pode ser considerado um indicador relevante para controle de segurança no que concerne ao derramamento. A prevenção do derramamento é crucial visto que está associado aos acidentes de grande porte envolvendo navios em rota de colisão, deficiências estruturais, perda temporária do controle dos poços e instalações submarinas (Vinnem & Roed, 2015). Considerando que o petróleo e seus derivados, juntamente com o gás natural, contribuem para aproximadamente 15% da energia gerada no Brasil (EPE, 2016), a avaliação da colaboração dessas substâncias na produção de resíduos torna-se expressiva. O princípio da prevenção, lamentavelmente, ainda não é uma realidade consistente porque as organizações (empresas de exploração petrolífera, de transporte de combustíveis/cargas/passageiros em navios, de administração de portos, etc.) não assumem uma conduta proativa no sentido de prevenir acidentes, limitando-se a respeitar – na medida do possível – as leis vigentes com o objetivo de evitar multas e notificações pecuniárias (Barrieu & Sinclair-Desgagne, 2006; Leite & Silva, 2012; Frazão Santos *et al.*, 2013; Jacobs, 2014; Wijeratne, Perera, & De Silva, 2014). Por outro lado, a legislação é dinâmica e sofre alterações sucessivas ao longo do tempo, muitas vezes, gerando situações de difícil interpretação das regras vigentes e exigindo um grande esforço (em termos de recursos humano e financeiro) por parte das organizações (privadas e públicas) para se manterem atualizadas. Além disso, Vierendeels, Reniers, e Ale (2011) referem que no caso de prevenção de grandes acidentes envolvendo

impactos ambientais e socioeconômicos (situação que provoca manifestações conjuntas das ONG's, população e mídia), as leis são geralmente criadas e/ou alteradas por impulso do momento (e.g., após a ocorrência de um acidente) ao invés de resultarem de uma ação planejada.

Por corresponder a sistemas complexos, de elevada importância geopolítica e vital para o desenvolvimento econômico, a atividade portuária acaba por provocar impactos em diversas vertentes como consequência de emissões de gases poluentes, transporte de água de lastro (Carlton & Geller, 1993), colisões e vazamentos acidentais de HD, dragagem, concentração e descarte incorreto de resíduos, ruídos prejudiciais à ecolocalização de cetáceos, dentre outros (Darbra, Ronza, Casal, Stojanvic, & Wooldridge, 2004; Considine & Hall, 2009; Dinwoodie, Tuck, Knowles, Benhin, & Sansom, 2012; Frazão Santos *et al.*, 2013). O derramamento de HD devido ao tráfego de navios é responsável por 51% da poluição no ambiente marinho (Gesamp, 2007) sendo que o detalhamento dessas circunstâncias dos vazamentos de hidrocarbonetos nas plataformas *offshore* é escasso e conta com pouquíssimas informações de confiabilidade (Tchankova, 2002; Wijeratne *et al.*, 2014; Baleña, 2015).

O artigo pretende ressaltar a importância da intervenção preventiva, do monitoramento contínuo e planejamento estratégico da atividade dos portos por meio da gestão de riscos, a fim de diminuir o risco de acidentes envolvendo o derramamento de HD. Os acidentes, em sua grande maioria, revelam respostas imediatas de contenção e remediação de acordo com as respectivas dimensões e disponibilidade tecnológica. As causas mais recorrentes de origem desses eventos são os encalhes, colisões, explosões, falhas técnicas de equipamentos e naufrágios das grandes embarcações-tanque (DeCola & Fletcher, 2006; Wiczorek *et al.*, 2007; Vinnem, 2010; Ismail & Karim, 2013; Vinnem & Roed, 2015). Os vazamentos nacionais de petróleo e derivados são recorrentes. Dentre os piores e mais significativos, destacam-se o ocorrido na Bacia de Campos, no Rio de Janeiro em 2011, de 588 mil litros de petróleo derramados no mar, um ano após o desastre do Golfo do México – considerado por muitos especialistas como a pior catástrofe ambiental dos Estados Unidos; e o mais recente incêndio dos tanques de combustível da empresa Ultracargo, no município de Santos, no ano de 2015, com mais de 26 mil toneladas de combustível vazados em aproximadamente 7 dias de incêndio e explosões.

## 1. O risco nas atividades de exploração

O conhecimento prévio dos problemas associados à implantação e operação de empreendimentos, por meio de instrumentos de avaliação de impacto e planejamento ambientais, permite a adoção de medidas que consigam evitar e/ou atenuar os possíveis impactos, reduzindo não só os danos ambientais, mas também os custos de remediação (Glasson, Therivel, & Chadwick, 2005; Bacci, Landim, & Eston, 2006). O presente estudo considera o risco como a probabilidade de um evento perigoso ocorrer e desencadear uma alteração negativa de competência ambiental, econômica e social de acordo com níveis de exposição e vulnerabilidade do meio ambiente. Sua gestão visa identificar e explorar oportunidades para melhorar o desempenho de um sistema, bem como as melhores ações para evitar e/ou reduzir as chances de ocorrência de eventos potencialmente danosos (Pojasek, 2008; ISO 31000, 2009; Luko, 2013; Wijeratne *et al.*, 2014).

A gestão de riscos abrange as etapas descritas na figura 1 em um processo sistemático que envolve todos os *stakeholders* (partes interessadas), permitindo averiguar as atividades e o enquadramento biofísico para identificar as situações passíveis de causar danos e/ou vítimas. Ao longo das etapas da gestão de riscos são extraídas informações como a probabilidade e severidade do risco, promovendo a melhoria contínua baseada nos sistemas de gestão (e.g., ISO 9001, ISO 14001, ISO 31000 e OHSAS 18001) (Mata-Lima, 2006; Pojasek, 2008).

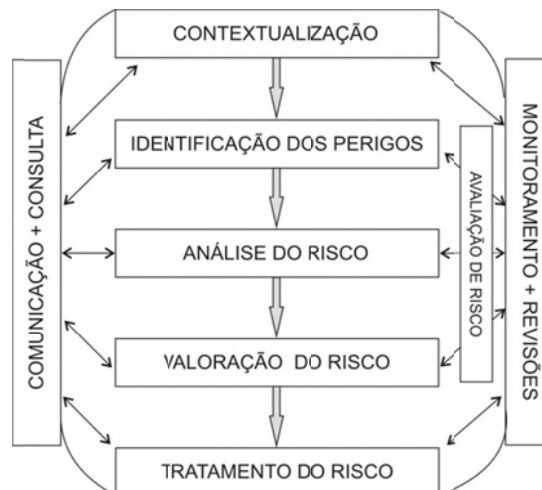


Fig. 1 – Procedimento para gestão de riscos.

Fig. 1 – Risk Management Procedure.

Fonte: Adaptada de ISO 31 000 (2009)

## 2. Panorama da evolução no âmbito de estudos sobre derramamento de HD – Situação global

As buscas de publicações em periódicos usando o termo “*Harbor Risk*” retornaram o maior número de artigos, totalizando 112 799 (*Sciencedirect*), 5 194 (*Scopus*) e 16 (*Scielo*), seguido do termo “*Oil Spill*” com 37 583, 21 781 e 36 publicações, respeitando a mesma sequência anterior. Este resultado demonstrou que há pouca produção científica sobre a temática da prevenção de acidentes marítimos e gestão de riscos de derramamento de HD nas línguas portuguesa e espanhola (na base *Scielo*), situação que prejudica a difusão desse conhecimento no Brasil devido à barreira linguística (Glänzel, Leta, & Thijs, 2006; Meneghini & Packer, 2007; Hermes-Lima, Alencastro, Santos, Navas, & Belebony, 2007; Vasconcelos, Sorenson, Leta, Sant’ana, & Batista, 2008). A relevância da publicação científica foi retratada através do crescente número de publicações coletadas na base de dados Scopus sobre os temas de risco portuário e de exploração *offshore* (*harbor risk/offshore exploration risk*) concomitantemente com a ocorrência de acidentes com vazamentos de HD coletados no banco de dados da *International Tanker Owners Pollution Federation Limited – ITOPF* (2016). Foi possível notar que, décadas atrás quando a produção científica sobre o tema era ainda mais incipiente do que a atual, os vazamentos de grande e médio porte eram mais frequentes; ao passo que, principalmente a partir do ano de 1991 constatou-se um salto na produção científica e na redução de vazamentos, o que sugere que os resultados de estudos e pesquisas têm contribuído para a adoção de medidas preventivas mais eficazes.

## 3. Área de Estudo: Porto de Santos

O Porto de Santos (fig. 1) se destaca pelas suas dimensões (maior porto da América Latina) e participação na balança comercial brasileira. Sua elevada movimentação faz do município de Santos uma área sensível aos eventos envolvendo derramamento de HD e da gestão preventiva dessas ocorrências um grande desafio a ser enfrentado. A expansão e modernização do Porto de Santos conta com inúmeras iniciativas de cunho privado e público para ampliar sua capacidade de suporte das elevadas demandas previstas em curto espaço de tempo para suas atividades (CODESP, 2014). O horizonte das ampliações considera enormes dificuldades, tais como o escoamento dos produtos para exportação, o fluxo de mercadorias importadas e pela responsabilidade de mais de um quarto da balança comercial brasileira (Hilsdorf, Neto, & De Souza, 2016).

As atenções voltam-se para a região de Santos principalmente no que tange às descobertas de reservatórios de petróleo e gás, com destaque para as Reservas do Pré-sal, potencializando a capacidade exploratória dessa área e ampliando as possibilidades de acidentes ambientais com derramamento de petróleo no ambiente marinho e costeiro (Romero, Riedel, Milanelli, Da Rocha, & Lammardo, 2011). Atualmente, o Porto de Santos conta com uma extensão de cais de 15 960m e área útil total de 7,8 milhões de metros quadrados, divididos em 65 berços de atracação (públicos e privados) com terminais especializados em produtos como veículos, contêineres, fertilizantes, produtos químicos, sólidos de origem vegetal, derivados de petróleo, produtos siderúrgicos e passageiros (CODESP, 2014). O sistema dutoviário tem sido uma alternativa que se destaca significativamente quando comparado aos modais ferroviário e rodoviário, principalmente para a otimização do transporte de grandes volumes no que respeita à agilidade, capacidade do fluxo e segurança (ANTT, 2009). No Brasil, cerca de 60% dos transportes é realizado por rodovias, 20% por ferrovias, 13% por hidrovias e 4% por dutovias, sendo que o cais santista conta com aproximadamente 56km de tubulações.

O município de Santos é extremamente urbanizado (fig. 2), com comunidades instaladas por todo o entorno da área portuária. As obras de ampliação do Porto de Santos requerem o remanejamento das comunidades, que já sofrem cotidianamente com a logística de transporte de cargas, geração de resíduos, poluição sonora, etc. O processo de ocupação das áreas periféricas municipais é recorrente, principalmente considerando o elevado custo de vida e habitação, que acompanham baixos índices de qualidade de vida (e.g., moradia e saúde). Tais comunidades situadas no entorno da área portuária (de maior movimentação e atividade) também estão mais expostas ao risco de acidentes, e contam com apenas uma base principal do Corpo de Bombeiros localizada na parte central do município, onde a mobilidade é reduzida devido à densidade do tráfego urbano. O acesso a hospitais e casas de saúde partindo das comunidades do entorno dos terminais de granéis líquidos também é dificultado pelo trânsito. Tais situações representam fatores críticos no caso de acidentes oriundos das atividades do porto. A extensão da área de manguezal está majoritariamente localizada próxima aos terminais de granéis líquidos operantes no Porto de Santos, aumentando a sua exposição aos acidentes com impactos ambientais negativos, como foi o caso do incêndio ocorrido no terminal da Ultracargo, no ano de 2015.



Fig. 2 – Canal do Porto de Santos e área envolvente. Figura a cores disponível online.

Fig. 2 – Porto Santos and surrounding areas. Colour figure available online.

Fonte: Adaptada de A Tribuna (2010)



Para uma melhor caracterização da área de estudo, coletaram-se dados relevantes para avaliação do risco, a saber: condições de vento, ressacas, altura das ondas, precipitação, temperatura, dragagem de manutenção e aprofundamento, geração e classificação de resíduos, tráfego marítimo, ocorrência de incidentes e acidentes, intenção de investimentos, produção pesqueira, movimentação turística, a política ambiental e seus desdobramentos, e ainda a visitas técnicas à Petrobrás Transporte S.A. – TRANSPETRO, a Autoridade Portuária – Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP), bem como participação na reunião do PAM – Plano de Ajuda Mútua do Porto de Santos.

## II. METODOLOGIA

A estratégia da coleta de dados incluiu a pesquisa bibliográfica detalhada sobre as causas de acidentes com derramamento de HD e avaliação de risco associado, normas/regulamentos e outras diretrizes legislativas, com enfoque na tramitação portuária por meio de documentos oficiais de órgãos internacionais e nacionais, tais como a IMO (Organização Marítima Internacional), ITOPF (*International Tanker Owners Pollution Federation*), CODESP (Companhia Docas do Estado de São Paulo) e administrações de portos. Também se considerou o levantamento das variáveis ambientais e socioeconômicas da área de estudo coletadas por meio de órgãos como o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional do Estado de São Paulo. Com base nas informações e dados coletados, e das análises quantitativa e qualitativa, desenvolveu-se uma ferramenta integrada para gestão de riscos de derramamento de HD no mar.

Para identificação do perigo, levou-se em conta que os acidentes envolvendo derramamento de HD se concentram em áreas com elevado tráfego de navios e extração de hidrocarbonetos (Duke, 2016). Seguidamente, baseou-se no fato de os acidentes estarem tipicamente relacionados com: fugas e rupturas de condutos (*pipelines*) (Aljaroudi, Khan, Akinturk, Haddara, & Thodi, 2015), colisão e naufrágio de navios (Singh *et al.*, 2015) e explosão de tanques nas imediações do porto. O artigo recorreu ao método de análise de riscos (Stonehouse & Munford, 1994; Goerlandt & Montewka, 2015; Al Shami *et al.*, 2017) para caracterizar as falhas relacionadas às operações susceptíveis de provocar o derramamento de HD no mar, bem como propor medidas mitigatórias visando a gestão de riscos. A identificação de aspectos ambientais envolveu a discriminação das atividades do porto que possam interagir com o ambiente. A matriz adotada resultou da modificação da originalmente proposta por Leopold, Clarke, Hanshaw, e Balsey (1971) e verificou, para cada uma das atividades do porto, quais os aspectos ambientais aplicáveis e quão significativos se apresentaram. Vale ressaltar que a importância de cada aspecto variou em função da localização do porto, tipo de ocupação urbana, tamanho, tipo de zona costeira, etc. Este procedimento permitiu efetuar o levantamento exaustivo das potenciais causas de acidentes/impactos ambientais e como o derramamento de HD pode agravar a situação.

### 1. Avaliação de Risco

O risco de poluição por HD pode ser avaliado em função de indicadores como a probabilidade de impacto ( $p$ ) e o tempo para primeiro impacto ( $t$ ) (Lee & Jung, 2015). A probabilidade do impacto é fundamental para definição da área a ser protegida, razão pela qual a alocação de recursos e o plano de emergência dependem de  $p$ . Por outro lado, existe a necessidade de priorizar as áreas, no âmbito do plano de emergência, em função da localização do acidente. Assim, o tempo para o primeiro impacto do HD derramado é essencial para a coordenação da capacidade de resposta em situação de emergência.

Quando existem registros detalhados de vazamentos, a probabilidade de impacto ( $p$ ) pode ser expressa por:

$$p = \frac{\sum_{i=0}^n A_i}{A_{total}} \quad (1)$$

Sendo o tempo para o primeiro impacto ( $t$ ) expresso por:

$$t = T - T_0 \quad (2)$$

À semelhança de estudos recentes (e.g., Grifoll, Jorda, Borja, & Espino, 2010; Gómez, Ondiviela, Puente, Juanes, 2015), optou-se por estimar a probabilidade ( $p$ ) como índice de frequência da ocorrência dos incidentes e acidentes visto que não existem dados que permitam obter  $A_i$  (quantidade de HD derramado no acidente  $i$  em cada área específica) referentes a acidentes anteriores, mas estão disponíveis os registros de ocorrência de vazamentos ocorridos no Porto de Santos. A combinação da probabilidade do evento danoso ( $p$ ) com a vulnerabilidade dos elementos expostos ao risco (e.g., pessoas, bens materiais, ecossistema natural e os serviços dele resultantes) permitiu quantificar o risco em baixo ( $R \leq 0,50$ ), médio ( $0,50 < R \leq 0,75$ ) e alto ( $0,75 < R \leq 1,00$ ) (com base na equação 3 - quadro I). Considerou-se uma escala de 0 a 1, sendo que a atribuição da pontuação resultou do (i) tratamento estatístico dos dados referentes a acidentes anteriores para estimativa da probabilidade ( $p$ ) e (ii) análise da magnitude da consequência ( $C$ ) levando em conta as características do porto, atividades portuárias e ocupação e uso da área envolvente através da fórmula geral:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i C_i \quad (3)$$

onde:

$P_i$  – Probabilidade – frequência de ocorrência de derramamento de HD num ano. Como critério considera-se a maior frequência dos últimos 5 anos;

$C_i$  – Consequência – impactos ambientais, econômicos e sociais que podem resultar do derramamento de HD. É expressa por

$$C_i = (EV)_i \quad (4)$$

$E$  – Exposição – quantificação de elementos em risco (conjunto de pessoas e bens a preservar e que podem resultar em perdas e/ou danos);

$V_i$  – Vulnerabilidade – nível de perda/dano de um determinado elemento (e.g., humano, econômico, estrutural ou ambiental) de risco quando exposto a um evento perigoso. É expressa por:

$$V_i = S_i D_i \quad (5)$$

$S_i$  – Suscetibilidade – nível de facilidade com que um determinado elemento ou sistema receptor sofre prejuízo;

$D_i$  – Dano – diz respeito aos prejuízos ambientais e socioeconômicos decorrentes do acidente.

Essa abordagem permite suprir a carência de informação sobre o risco potencial de derramamento de HD, produzir informação de fácil interpretação para os tomadores de decisão e estimular a gestão preventiva de riscos baseada na análise espacial e temporal das variáveis que contribuem para o acidente.



Quadro I – Síntese do procedimento integrado para classificar os elementos que compõem o risco na região do Porto de Santos.

Table I – Summary of integrated procedure to classify the risk elements in the region of Port of Santos.

Fatores do risco	Variável	Indicador	Critério de classificação			Observação	
Probabilidade	Frequência	Frequência de ocorrência ( <i>F</i> ) de derramamento de HD	Alta	1,00	$F > 11$	Conforme o tratamento estatístico de dados e recomendações de Grifoll <i>et al.</i> (2010, p. 73). O <i>F</i> refere-se ao número de ocorrências de derramamento de HD no ano e para o efeito de classificação considera-se, neste trabalho, a maior frequência anual dos últimos 5 anos.	
			Média	0,75	7 – 11		
			Baixa	0,50	0 – 5		
	Exposição	Proximidade ( <i>P</i> , km)	Alta	1,00	$P < 5$	Proximidade (medida em km) dos elementos expostos relativamente ao(s) local(is) de perigo (Grifoll <i>et al.</i> , 2010, p. 73; Lee & Jung, 2015). A proximidade leva a que os elementos expostos ao risco sofram danos: (i) pessoas – inibição de usufruto da zona costeira (beleza da paisagem, lazer, atividade física, etc.); (ii) bens – desvalorização econômica; (iii) comércio e serviços – redução da capacidade de atrair clientes; ecossistemas – desequilíbrio funcional.	
			Média	0,75	5 – 10		
			Baixa	0,5	$\geq 10$		
Consequência	Vulnerabilidade	Suscetibilidade	Alta	1,00	Varia em função do elemento considerado	Consideram-se elementos, tais como estratégias para otimização de procedimentos e redução de imprevistos, a existência de dispositivos de proteção e minimização dos impactos, programas de monitoramento, plano de segurança, entre outros. Se existisse estudo hidrodinâmico com estimativa de tempo para o primeiro impacto ( <i>t</i> ), o mesmo seria crucial para a análise. Nesse contexto, a análise realizada recorre a métodos classificados como subjetivos (Ibañez-Forés, Bovea, & Pérez-Belis, 2014) e que se baseiam no conhecimento da área e no histórico de acidentes anteriores	
			Média	0,75			
			Baixa	0,5			
		Dano	Alta	1,00	Varia em função do elemento considerado		Prejuízos ambiental ( <i>PA</i> ) e socioeconômico ( <i>PE</i> ). <i>PA</i> refere-se a quantidade de ecossistemas afetados (manguezal, estuário, praias e dunas costeiras) e a magnitude do impacto. <i>PE</i> corresponde a inibição dos serviços de ecossistemas, impacto na saúde e perturbação de atividades socioeconômicas.
			Média	0,75			
			Baixa	0,5			

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise integrada efetuada, os riscos ambientais estão diretamente relacionados com a estreita interação entre o porto e o meio envolvente. A exposição dos ecossistemas costeiros (e.g., áreas de manguezal no entorno do Porto de Santos) em conjunto com elevada densidade urbana e intensa movimentação portuária acentuaram o nível do risco em caso de acidentes. O planejamento integrado das ações do Porto de Santos deve considerar prioritariamente a implementação de procedimentos preventivos, a participação colaborativa dos diferentes *stakeholders* e a realização de projetos em parceria com instituições de ensino e pesquisa.

#### 1. Aspectos e impactos ambientais

Com base no inventário dos aspectos ambientais associados às atividades desempenhadas no Porto de Santos, foi possível destacar como principais causadoras de impactos negativos as descargas/vazamentos na água e as alterações dos *habitats* costeiros. O porte e intensa movimentação de embarcações, bem como a elevada exposição das áreas onde se localizam as instalações portuárias exigem medidas preventivas rigorosas. Os efeitos da alteração das dinâmicas hidrológicas e sedimentares, como o aumento da frequência das ressacas (principalmente no bairro da Ponta da Praia, no município de Santos) (Tomazela, 2015; NPH,

2017), o gradativo esgotamento pesqueiro da Praia do Góes ocasionado por poluição ambiental (na margem do Guarujá) (Junior, 2010; CODESP, 2015) e, ainda, a redução das áreas de manguezal (Santos, 2009), já representam prejuízos visíveis para a área litoral de Santos. Diversos impactos se inter-relacionam com os aspectos ambientais elencados no quadro II, a saber: descarga para o solo e sedimentos, principalmente por serem muitas vezes meios de difícil recuperação (Cantagallo, Garcia, & Milanelli, 2008; Perinotto, 2010); odor constitui uma preocupação das comunidades do entorno e seus níveis de qualidade de vida, sendo impactante também na atividade turística (Gonçalves & Nunes, 2008); geração de resíduos ameaça a saúde pública e dos ecossistemas (Bozza, 2015) e alteração da fauna e flora e sua complexa cadeia trófica (Cantagallo *et al.*, 2008; Perinotto, 2010).

Quadro II – Matriz de atividades portuárias e associação com os aspectos ambientais do Porto de Santos.

Table II – Matrix of port activities and association with environmental aspects of Port of Santos.

Aspectos ambientais	Atividades*										Total
	Armazenamento de combustível em tanques	Abastecimento de combustível	Transporte de combustível em condutos	Transporte de grânéis líquidos, sólidos, carga solta, Contêineres e passageiros	Manutenção de máquinas, equipamentos e embarcações	Operações de carga e descarga	Manutenção de sistema viário e ferroviário interno do porto	Manutenção do canal de acesso marítimo**	Captação, produção e distribuição de energia elétrica	Aprovisionamento de embarcações	
Descarga na água	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	8
Alteração de <i>habitats</i> costeiros	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		8
Emissão para sedimentos		✓	✓	✓	✓	✓		✓			6
Emissão para solo	✓		✓		✓	✓	✓			✓	6
Odor	✓	✓	✓	✓		✓				✓	6
Geração de resíduos				✓	✓	✓	✓			✓	5
Alterações da fauna e flora		✓	✓	✓		✓		✓			5
Ruído					✓	✓	✓	✓			4
Consumo de Recursos				✓	✓		✓		✓		4
Emissão para atmosfera		✓		✓		✓	✓				4

\*Foram consideradas apenas as atividades que podem desencadear pelo menos um dos principais fatores de acidentes (e.x., colisão e naufrágio de navios, fugas e rupturas nos condutos, vazamento acidental, incêndios nos tanques de armazenamento)

\*\* Dragagem de manutenção e aprofundamento de berços

Vale lembrar que os projetos de expansão do porto contam com a viabilização de uma movimentação ainda maior de embarcações de grande porte, favorecendo elevados números e volumes de eventuais vazamentos de HD, bem como o favorecimento da emissão de poluentes para a atmosfera e maior ruído. A ocorrência do incêndio mais recente (em 2015), nos tanques da Ultracargo por falha operacional, causou a morte de mais de 8 toneladas de peixes (A Tribuna, 2016).

## 2. Avaliação de Risco

A partir da análise dos levantamentos foi possível elencar e classificar quantitativamente os elementos expostos ao risco (quadro III). Os riscos mais altos estão relacionados com: (i) atividades portuárias com elevada exposição e vulnerabilidade ( $R = 1,0$ ) – consideram a intensa movimentação acumulada de cargas e descargas e os potenciais prejuízos econômicos/materiais advindos da interrupção das atividades; (ii) áreas de manguezal consideradas berçários da vida marinha por propiciar a reprodução de diversas espécies faunísticas, servindo também como excelente local para alimentação e estadia de aves migratórias; e (iii) atividade turística principalmente pela degradação da paisagem, consequente desinteresse do público-alvo e também por condições não satisfatórias das áreas de acesso e embarque-desembarque dos passageiros aos cruzeiros marítimos. A elevada movimentação portuária no canal santista

representa uma ameaça principalmente pela falta de acompanhamento preventivo nas devidas proporções de seu crescimento.

Considerando os projetos de aprofundamento do calado dos canais de acesso, capacidade exploratória e participação na balança comercial, processo esse encontrado também em outros portos da América Latina e Caribe (e.g., Portos de Colón e de Balboa, no Panamá) com demandas de movimentação de cargas bastante semelhantes (CEPAL, 2016; IAPH, 2016), é reforçada a relevância da utilização das inovações tecnológicas concomitantemente com estudos preventivos e de monitoramento na redução dos riscos associados às operações portuárias. Ao contrário do que constataram alguns estudos científicos desenvolvidos nas regiões portuárias brasileiras, que também dividem espaço com o ecossistema manguezal (Souza & Sampaio, 2001; Krug, Leão, & Amaral, 2007; Cavalcanti, Soares, Estrada, & Chaves, 2009; Cunha-Lignon *et al.*, 2011) nos quais a vegetação se mantém estável nos últimos anos (ou seja, sem perdas de área consideráveis), na Baixada Santista a taxa de redução das áreas de mangue apresentou um acelerado decréscimo (Wieczorek *et al.*, 2007; Santos, 2009; Kawashima, Almeida, Gianotti, & Quintanilha, 2015; Ferreira & Lacerda, 2016), corroborando com a presente classificação de elevado risco a acidentes ambientais envolvendo HD ( $R=1,0$ ).

Quadro III – Resultado da análise do risco de derramamento de HD no Porto de Santos.

Table III – Result of risk analysis of oil spills in Port of Santos.

Elemento exposto ao risco	Prob HD <sup>a</sup> (F)	Consequência			Risco R	Observação
		Exposição E	Vulnerabilidade V			
			Suscetibilidade S	Dano D		
Atividades do porto		Alta (1,0)	Alta (1,0)	Alto (1,00)	Alto (1,0)	A ocorrência de derramamentos de HD interrompe as atividades do porto e causa danos materiais e prejuízos econômicos.
Manguezal (Mangrove)		Alta (1,0)	Alta (1,0)	Alto (1,00)	Alto (1,0)	A classificação da área do manguezal no nível mais elevado está de acordo com o estudo realizado por Wieczorek <i>et al.</i> (2007).
Comunidades do entorno <sup>b</sup>	Alta (1,00)	Média (0,75)	Média (0,75)	Médio (0,75)	Baixo (0,42)	As comunidades do entorno sofrem impacto direto na saúde ou segurança. Tais impactos estariam mais relacionados aos incêndios nos terminais de granéis líquido (situação não incluída nesta análise). Os impactos resultantes do derramamento de HD referem-se a inibição do usufruto da paisagem natural.
Atividade turística		Alta (1,00)	Alta (1,00)	Alto (1,00)	Alto (1,0)	O turismo ficaria temporariamente comprometido quer por perda de interesse de lazer na zona costeira quer em termos de acostamento de navios cruzeiros.
Estuário, praias e dunas costeiras		Baixa (0,50)	Média (0,75)	Médio (0,75)	Baixo (0,28)	A exposição foi classificada como baixa em função dos equipamentos de proteção existentes na CODESP e tanto a suscetibilidade como o dano classificam-se como médios com base no ISL e no nível do dano nos serviços dos ecossistemas, respectivamente.
<b>Avaliação global</b>	Alta (1,00)	0,85	0,9	0,9	Médio (0,69)	<b>R=0,69</b>

<sup>a</sup>Prob HD – probabilidade de ocorrência de derramamento de hidrocarbonetos e derivados; <sup>b</sup>Comunidade aqui é usada na verdadeira acepção da palavra e refere-se a todos os aglomerados populacionais independentemente do nível socioeconômico

A movimentação turística no Porto de Santos revelou uma queda no número de passageiros a partir do ano de 2014, também identificada por Robles, Galvão, e Pereira (2015). Neste sentido, a classificação da atividade turística como de alto risco é condizente com a importância da preservação da paisagem, o incremento do nível de exigência do público-alvo e o potencial retorno econômico advindo dessa atividade. Em contrapartida, as comunidades que se encontram no entorno da região portuária de Santos foram classificadas como expostas à baixo risco ( $R = 0,42$ ), considerando o enfoque da presente pesquisa, ou seja, vazamentos de HD no mar. Os principais prejuízos das comunidades do entorno frente à ocorrência de

vazamentos de HD estão relacionados com a privação de serviços oferecidos pelos ecossistemas (e.g., consumo de fauna aquática, oportunidade de lazer e usufruto da paisagem natural). Sabe-se que as comunidades do entorno estão expostas ao risco de incêndios nos terminais de graneis líquidos, situação que não foi considerada no âmbito desta pesquisa, por não se tratar de vazamentos de HD no mar a partir de navios. O ambiente estuarino, praias e de dunas compõem o último grupo de elementos expostos ao risco, classificado como de baixo risco ( $R=0,28$ ). Foram considerados não só o aporte de equipamentos de proteção e segurança do meio ambiente e saúde disponibilizados tanto pela Autoridade Portuária (CODESP) como pela TRANSPETRO, mas também a média susceptibilidade referente a classificação do Índice de Sustentabilidade do Litoral – ISL (Perinotto, Riedel, & Milanelli, 2011) e o dano médio atribuído aos serviços do ecossistema, respectivamente. De acordo com a escala adotada, a avaliação global do risco de derramamento de HD no Porto de Santos permitiu classificar o risco como médio ( $R = 0,69$ ). O resultado encontrado é congruente com o levantamento realizado pela ANTAQ (Índice de Desempenho Ambiental para Instalações Portuárias) que classifica o Porto de Santos como intermediário segundo as notas atribuídas pela agência (ANTAQ, 2012), e ainda reforça a necessidade de maior empenho preventivo nas operações realizadas.

#### IV. CONCLUSÕES

Para uma melhor aplicação do princípio da precaução e efetiva prevenção de acidentes nos portos e também nas plataformas *offshore* de exploração de hidrocarbonetos, a identificação das principais causas de acidentes, a conscientização dos *stakeholders* visando o aumento a percepção de risco e a criação de normas e regulamentos como instrumento da gestão de riscos são fundamentais. O fato de, na prática, a gestão integrada do risco não constituir a realidade, realça a necessidade de estudos que, como tal como o presente trabalho, visem contribuir para elaboração e concretização de boas práticas no âmbito da gestão de riscos.

No Porto de Santos e zonas adjacentes, grande parte dos acidentes envolvem falhas no sistema de transporte e armazenamento de HD e seus efeitos incidem sobre as condições endêmicas da região onde as atividades são operadas, reforçando a importância da atuação na melhoria do sistema de gestão, fiscalização e segurança como um todo. A análise quantitativa do risco de derramamento de HD no Porto de Santos revelou um índice médio ( $R = 0,69$ ). Porém, é importante considerar o levantamento dos elementos expostos ao risco (intensa atividade comercial, sensibilidade dos ecossistemas circundantes, crescimento demográfico do município, comunidades e outros serviços) e suas respectivas vulnerabilidades, destacando a evidente tendência de elevação deste índice e a urgência de integração de práticas de segurança e prevenção de derramamentos de HD no Porto de Santos. A ausência de estimativas do tempo ( $T$ ) que o HD demora a alcançar determinada área após derramamento (ou hora de chegada) impossibilitou o uso do tempo para o primeiro impacto ( $t$ ) na avaliação da vulnerabilidade. É importante frisar que a incerteza e carência de informações (e.g. volume, frequência e custo dos derramamentos) representa uma preocupação não só do atual levantamento, mas de pesquisas a nível global (e.g., Egidi, Foraboschi, Spadoni, & Amendola, 1995; Kontovas, Psaraftis, & Ventikos, 2010; Guo, 2017), principalmente por considerar regiões de potenciais impactos ambientais. Ainda, a falta de oportunidade e aproximação dos *stakeholders* (ou seja, das partes interessadas no plano de gestão do risco do maior porto da América Latina) prejudica a ocorrência de ações coordenadas e representou um ponto fraco, sendo este um elemento importante para classificar a vulnerabilidade e a severidade/consequência dos acidentes (Ronza, Carol, Espejo, Vilchez, & Arnaldos, 2005).

Finalmente, mesmo considerando a subjetividade como um dos aspectos comuns aos estudos de avaliação do risco (uma vez que as classificações de exposição/vulnerabilidade podem variar em função da formação, experiência e percepção dos envolvidos na realização do estudo; bem como envolver condições pouco específicas no que tange aos eventos envolvendo derramamentos de HD - White & Molloy, 2003; Azevedo, Oliveira, Fortunato, Zhang, & Baptista, 2014; Guo, 2017), a contribuição apresentada neste artigo

fornece diretrizes orientadoras sobre quais atividades devem contar com a prioridade de investimentos, visando a redução da vulnerabilidade sem grandes alterações estruturais e, conseqüentemente, a funcional aplicação de ações corretivas e preventivas.

## AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida à primeira autora e também à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FAPPR) pelo auxílio financeiro concedido ao projeto ENGIFOZ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Tribuna (2017, junho). *NPH - Núcleo de Pesquisas Hidrodinâmicas Unisanta (Notícias)* [NPH - Unisanta hydrodynamic research center (News)]. Retrieved from <http://noticias.unisanta.br/unisanta-na-midia/pesquisador-do-nph-unisanta-explica-as-ressacasna-regiao-em-materia-do-jornal-a-tribuna/>
- A Tribuna (2010, abril). *Manguezais no estuário de Santos* [Mangroves in the Santos estuary]. Retrieved from <http://www.novomilenio.inf.br/santos/mapa257g.htm>
- Al Shami, A., Harik, G., Alameddine, I., Bruschi, D., Garcia, D. A., & El-Fadel, M. (2017). Risk assessment of oil spills along the Mediterranean coast: A sensitivity analysis of the choice of hazard quantification. *Science of the Total Environment*, 574, 234-245. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.064
- Aljaroudi, A., Khan, F., Akinturk, A., Haddara, M., & Thodi, P. (2015). Risk assessment of offshore crude oil pipeline failure. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 37, 101-109. doi: 10.1016/j.jlp.2015.07.004
- Agência Nacional de Transportes Aquaviários. (ANTAQ). (2012). *Índice de Desempenho Ambiental - IDA* [Environmental Performance Index - EPI]. Retrieved from [http://web.antaq.gov.br/Portal/MeioAmbiente\\_IDA.asp](http://web.antaq.gov.br/Portal/MeioAmbiente_IDA.asp)
- Agência Nacional de Transportes Terrestres. (ANTT). (2009). *Transporte Rodoviário Internacional de Cargas*. [International Road Transport of Loads]. Retrieved from <http://appweb2.antt.gov.br/carga/dutoviario/dutoviario.asp>
- Azevedo, A., Oliveira, A., Fortunato, A. B., Zhang, J., & Baptista, A. M. (2014). A crossscale numerical modeling system for management support of oil spill accidents. *Marine pollution bulletin*, 80(1), 132-147. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.01.028
- Bacci, D. L. C., Landim, P. M. B., & Eston, S. M. (2006). Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana [Environmental aspects and impacts of mining in urban area]. *REM - Revista Escola de Minas*, 59(1), 47-54. doi: 10.1590/S0370-44672006000100007
- Baleña, R. (2015). Priority responses to the 2006 Guimaras oil spill, Philippines: Will history repeat itself? *Ocean & Coastal Management*, 103, 42-55. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2014.11.007
- Balmat, J. F., Lafont, F., Maifret, R., & Pessel, N. (2011). A decision-making system to maritime risk assessment. *Ocean Engineering*, 38(1), 171-176. doi: 10.1016/j.oceaneng.2010.10.012
- Barrieu, P., & Sinclair-Desgagne, B. (2006). On precautionary policies. *Management Science*, 52(8), 1145-1154. doi: 10.1287/mnsc.1060.0527
- Bekefi, T., & Epstein, M. J. (2011). Integrating social and political risk into ROI calculations. *Environmental Quality Management*, 20(3), 11-23. doi: 10.1002/tqem
- Bozza, F. (2015). *Destinação de resíduos portuários: uma análise baseada em terminais portuários* [Destination of port waste: an analysis based on port terminals] (Monografia/Documents da Diretoria de Portos e Costas da Marinha do Brasil). Retrieved from [https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/sepm/portuarios/monografias/destinacao\\_residuos\\_portuarios.pdf](https://www.marinha.mil.br/sites/default/files/sepm/portuarios/monografias/destinacao_residuos_portuarios.pdf)
- Cantagallo, C., Garcia, G. J., & Milanelli, J. C. C. (2008). Mapping environmental oil spill sensitivity of Santos estuarine systems, São Paulo state. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 12, 33-47. doi: 10.14210/bjast.v12n2.p33-47
- Carlton, J. T., & Geller, J. B. (1993). Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, 261(5117), 78-82. doi: 10.1126/science.261.5117.78
- Cavalcanti, V. F., Soares, M. L. G., Estrada, G. C. D., & Chaves, F. O. (2009). *Evaluating mangrove conservation through the analysis of forest structure data*. Article presented at proceedings of the 10th International Coastal Symposium (ICS 2009). *Journal of Coastal Research*, 56, 390-394.
- Comissão Econômica para a América Latina e Caribe. (CEPAL). (2016). *Ports Ranking - The Top 20 in Latin America and the Caribbean in 2015*. ECLAC, Maritime and Logistics Profile of Latin America and the Caribbean. Retrieved from <http://bit.ly/1IL0Rgy>
- Companhia Docas do Estado de São Paulo. (CODESP). (2015). *Plano de Emergência Individual - PEI* [Individual Emergency Plan - IEP]. Santos, São Paulo, Brasil. Retrieved from <http://www.portodesantos.com.br/meioAmbiente.php#painel10>
- Companhia Docas do Estado de São Paulo. (CODESP). (2014). *Regulamento de exploração do Porto de Santos* [Regulation for operation of Port of Santos]. Autoridade Portuária de Santos. Retrieved from <http://www.portodesantos.com.br/down/REPS.pdf?02122014>
- Considine, M., & Hall, S. M. (2009). The major accident risk (MAR) process-developing the profile of major accident risk for a large multinational oil company. *Process Safety*

- and *Environmental Protection*, 87(1), 59-63. doi: 10.1016/j.jpsep.2008.04.008
- Cunha-Lignon, M., Coelho, C., Almeida, R., Meneghini, R. P., Schaeffernovelli, Y... Dahdouh-Guebas, F. (2011). *Characterisation of mangrove forest types in view of conservation and management: a review of mangals at the Cananéia region, São Paulo State, Brazil*. Article presented at proceedings of the 11th International Coastal Symposium, Szczecin, Polônia. *Journal of Coastal Research* (SI 64 - ISSN 0749-0208). Retrieved from [http://www.vub.ac.be/APNA/staff/FDG/pub/Cunha-Lignonetal\\_2011a\\_ICoastRes.pdf](http://www.vub.ac.be/APNA/staff/FDG/pub/Cunha-Lignonetal_2011a_ICoastRes.pdf)
- Darbra, R. M., Ronza, A., Casal, J., & Stojanvic, T. A., Wooldridge, C. (2004). The self diagnosis method. A new methodology to assess environmental management in sea ports. *Marine Pollution Bulletin*, 48(5), 420-428. doi: 10.1016/j.marpolbul.2003.10.023
- DeCola, E., & Fletcher, S. (2006). An assessment of the role of human factors in oil spills from vessels. *Report: Nuka Research and Planning Group, LLC, Seldovia, Alaska*. Retrieved from [http://www.pwsrca.org/wp-content/uploads/filebase/programs/oil\\_spill\\_response\\_operations/role\\_of\\_human\\_factors\\_in\\_vessel\\_oil\\_spills.pdf](http://www.pwsrca.org/wp-content/uploads/filebase/programs/oil_spill_response_operations/role_of_human_factors_in_vessel_oil_spills.pdf)
- Dinwoodie, J., Tuck, S., Knowles, H., Benhin, J., & Sansom, M. (2012). Sustainable development of maritime operations in ports. *Business Strategy and the Environment*, 21(2), 111-126. doi: 10.1002/bse.718
- Duke, N. C. (2016). Oil spill impacts on mangroves: recommendations for operational planning and action based on a global review. *Marine Pollution Bulletin*, 109, 700-715. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.082
- Egidi, D., Foraboschi, F. P., Spadoni, G., Amendola, A. (1995). The ARIPAR project: analysis of the major accident risks connected with industrial and transportation activities in the Ravenna area. *Reliability Engineering & System Safety*, 49(1), 75-89. doi: 10.1016/0951-8320(95)00026-X
- Empresa de Pesquisa Energética. (EPE). (2016). *Balanco energético nacional - Relatório Final 2016* [National Energy Balance - Final Report 2016]. EPE, 291. Retrieved from [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf)
- Empresa de Pesquisa Energética. (EPE). (2015). *Balanco energético nacional - Relatório Final 2015* [National Energy Balance - Final Report 2015]. EPE, 289. Retrieved from [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)
- Ferreira, A. C., & Lacerda, L. D. (2016). Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives. *Ocean & Coastal Management*, 125, 38-46. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2016.03.011
- Frazão Santos, C., Michel, J., Neves, M., Janeiro, J., Andrade, F., & Orbach, M. (2013). Marine spatial planning and oil spill risk analysis: Finding common grounds. *Marine Pollution Bulletin*, 74(1), 73-81. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.07.029
- GESAMP. (2007). Joint Group Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP). *Estimates of oil entering the marine environment from sea-based activities*, 75. London: International Maritime Organization. Retrieved from [https://www.jodc.go.jp/info/ioc\\_doc/GESAMP/gesamp-estimates-of-oil-entering-marine-environment-2007.pdf](https://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/GESAMP/gesamp-estimates-of-oil-entering-marine-environment-2007.pdf)
- Glänzel, W., Leta, J., & Thijs, B. (2006). Science in Brazil. Part 1: A macro-level comparative study. *Scientometrics*, 67(1), 67-86. doi: 10.1007/s11192-006-0055-7
- Glasson, J., Therivel, R., & Chadwick, A. (2005). *Introduction to Environmental Impact Assessment*. London: Routledge.
- Goerlandt, F., & Montewka, J. (2015). A framework for risk analysis of maritime transportation systems: a case study for oil spill from tankers in a ship-ship collision. *Safety Science*, 76, 42-66. doi: 10.1016/j.ssci.2015.02.009
- Goldemberg, J. (2009). Biomass and energy. *Química Nova*, 32(3), 582-587. doi: 10.1590/S0100-40422009000300004
- Goméz, A. G., Ondiviela, B., Puente, A., & Juanes, J. A. (2015). Environmental risk assessment of water quality in harbor areas: A new methodology applied to European ports. *Journal of Environmental Management*, 155, 77-88. doi: 10.1016/j.jenvman.2015.01.042
- Gonçalves, A., & Nunes, L. A. de P. (2008). *Grande Porto - a Modernização no Porto de Santos* [Great Port - Modernization in the Port of Santos]. Santos: Realejo.
- Grifoll, M., Jorda, G., Borja, A., & Espino, M. (2010). A new risk assessment method for water quality degradation in harbour domains, using hydrodynamic models. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 69-78. doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.08.030
- Guo, W. (2017). Development of a statistical oil spill model for risk assessment. *Environmental Pollution*, 230, 945-953. doi: 10.1016/j.envpol.2017.07.051
- Hermes-Lima, M., Alencastro, A. C., Santos, N. C., Navas, C. A., & Belebani, R. O. (2007). The relevance and recognition of Latin American science. Introduction to the fourth issue of CBP-Latin America. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 146(1), 1-9. doi: 10.1016/j.cbpc.2007.05.005
- Hilsdorf, W. C., Neto, N., & De Souza, M. (2016). Port of Santos: prospection on the causes of access difficulties. *Gestão & Produção*, 23(1), 219-231. doi: 10.1590/0104-530X1370-14
- International Association of Ports and Harbours. (IAPH). (2016). *World Container Traffic Data 2016*. Retrieved from <http://www.iaphworldports.org/iaph/wpcontent/uploads/WorldPortTrafficDataforIAPHusi%20ngLLdata2016.pdf>
- Ibañez-Forés, V. Bovea, M. D., & Pérez-Belis, V. (2014). A holistic review of applied methodologies for assessing and selecting the optimal technological alternative from a sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production*, 70, 259-282. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.01.082
- Ismail, Z., & Karim, R. (2013). Some technical aspects of spills in the transportation of petroleum materials by tankers. *Safety Science*, 51(1), 202-208. doi: 10.1016/j.ssci.2012.06.024
- International Organization for Standardization. (ISO 31000). (2009). *Risk management - Risk assessment techniques*. Retrieved from <https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html>
- International Tanker Owners Pollution Federation Limited. (ITOPF). (2016). *Oil tanker spill statistics 2015*. Retrieved from <http://www.itopf.com/knowledge-resources/datastatistics/statistics/>
- Jacobs, J. R. (2014). The precautionary principle as a provisional instrument in environmental policy: The Montreal



- Protocol case study. *Environmental Science & Policy*, 37, 161-171. doi: 10.1016/j.envsci.2013.09.007
- Junior, W. M. (2010). Adaptações dos pescadores artesanais aos impactos ambientais sobre os manguezais do estuário da Baixada Santista [Adaptations of artisanal fishers to the environmental impacts on the mangroves of Baixada Santista estuary]. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 6(11). Retrieved from [https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/download/31/33](https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/download/31/33)
- Kawashima, R. S., De Almeida, C. M., Gianotti, M. A., & Quintanilha, J. A. (2015). *Análise das mudanças temporais de cobertura da terra na região portuária da Baixada Santista-SP e a proposição de modelos de dinâmica espacial* [Analysis of temporal changes in land cover in the port region of Baixada Santista-SP and the proposition of spatial dynamics models]. Article presented at proceedings of XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, João Pessoa, Paraíba, Brasil. Retrieved from [http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/06\\_15.14.39](http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/06_15.14.39)
- Kongsvik, T., Johnsen, S. Å. K., & Sklet, S. (2011). Safety climate and hydrocarbon leaks: an empirical contribution to the leading-lagging indicator discussion. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(4), 405-411. doi: 10.1016/j.jlp.2011.02.004
- Kontovas, C. A., Psarافتis, H. N., & Ventikos, N. P. (2010). An empirical analysis of IOPCF oil spill cost data. *Marine pollution bulletin*, 60(9), 1455-1466. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.05.010
- Krug, L. A., Leão, C., & Amaral, S. (2007). *Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados socioeconômicos da região urbana do município de Paranaguá-Paraná* [Spatial-temporal dynamics of mangroves in the Paranaguá Estuary Complex and relationship between decreases in mangrove areas and socioeconomic data of the urban region of Paranaguá-Paraná] Article presented at proceedings of XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. INPE, p. 2753-2760. Retrieved from <http://marte.sid.inpe.br/attachment.cgi/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.20.50/doc/2753-2760.pdf>
- Lee, M., & Jung, J. Y. (2015). Pollution risk assessment of oil spill accidents in Garorim Bay of Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 100(1), 297-303. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.08.037
- Leite, J. R. M., & Silva, L. J. A. (2012). Juridicidade do dano ambiental: gestão da zona costeira e aspectos da exploração do pré-sal pelo Brasil [Juridicality of environmental damage: management of the coastal zone and aspects of pre-salt exploration in Brazil]. *Sequência*, 1(65), 305-328. doi: 10.5007/2177-7055.2012v33n65p305
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsey, J. R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. *US Geological Survey Circular*, 645. Government Printing Office, Washington, DC.
- Li, P., Cai, Q., Lin, W., Chen, B., & Zhang, B. (2016). Offshore oil spill response practices and emerging challenges. *Marine Pollution Bulletin*, 110(1), 6-27. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.06.0200
- Luko, S. N. (2013). Risk assessment techniques. *Quality Engineering*, 26(3), 379-382. doi: 10.1080/08982112.2014.875769
- Maritime Connectors. (2013). *Tanker incidents*. Retrieved from <http://maritimeconnector.com/tanker-incident/>
- Mata-Lima, H. (2006). Hydrologic design that incorporates environmental, quality, and social aspects. *Environmental Quality Management*, 15(3), 51-60. doi: 10.1002/tqem.20092
- Meneghini, R., & Packer, A. L. (2007). Is there science beyond English? Initiatives to increase the quality and visibility of non English publications might help to break down language barriers in scientific communication. *EMBO Reports (European Molecular Biology Organization)*, 8(2), 112-116.
- Perinotto, R. R. C. (2010). *Mapeamento de sensibilidade ao derrame de óleo dos ambientes costeiros dos municípios de São Vicente, Santos e Guarujá-SP* [Mapping of sensitivity to oil spill from the coastal environments of the municipalities of São Vicente, Santos and Guarujá-SP]. (Dissertação de Mestrado). Retrieved from <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/92773>
- Perinotto, R. R. C., Riedel, D. P. S., & Milanelli, J. C. C. (2011). Sensibilidade ambiental ao derrame de óleo da linha de costa da Baía de Santos, SP, Brasil [Environmental sensitivity to the oil spill of the coast of Santos Bay, SP, Brazil]. *RBC - Revista Brasileira de Cartografia*, 63, 565-576.
- Pojasek, R. (2008). Risk Management 101. *Environmental Quality Management*, 17(3), 95-101. doi: 10.1002/tqem.20180
- Puig, M., Wooldridge, C., Michail, A., & Darbra, R. M. (2015). Current status and trends of the environmental performance in European ports. *Environmental Science & Policy*, 48(1), 57-66. doi: 10.1016/j.envsci.2014.12.004
- Robles, L. T., Galvão, C. B., & Pereira, S. R. (2015). Cruise shipping in Brazil: An emergent or established market? *Tourism Management Perspectives*, 16, 298-305. doi: 10.1016/j.tmp.2015.09.003
- Romero, Á. F., Riedel, P. S., Milanelli, J. C. C., & Da Rocha Lammardo, A. C. (2011). Mapa de vulnerabilidade ambiental ao óleo - Um estudo de caso na Bacia de Santos, Brasil [Map of environmental vulnerability to oil - A case study in the Santos Basin, Brazil]. *Revista Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto*, 3(63), 315-332.
- Ronza, A., Carol, S., Espejo, V., Vilchez, J. A., & Arnaldos, J. (2005). A quantitative risk analysis approach to port hydrocarbon logistics. *Journal of hazardous materials*, 128(1), 10-24. doi: 10.1016/j.jhazmat.2005.07.032
- Sage, B. (2005). Identification of high risk vessels in coastal waters. *Marine Policy*, 29(4), 349-355. doi: 10.1016/j.marpol.2004.05.008
- Santos, A. L. G. (2009). *Manguezais da Baixada Santista: alterações e permanências (1962-2009)* [Mangrove of Baixada Santista: changes and permanencies (1962-2009)]. (Dissertação de Mestrado). Retrieved from <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-04122010-162559/pt-br.php>
- Schutz, F., Massuquetti, A., & Alves, T. W. (2013). Demanda e oferta energética: uma perspectiva mundial e nacional para o etanol [Demand and energy supply: a global and national perspective for etanol]. *Revista Eletrônica em*

- Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 16(16), 3167-3186. doi: 10.5902/2236117010688
- Singh, A., Asmath, H., Chee, C. L., & Darsan, J. (2015). Potential oil spill risk from shipping and the implications for management in the Caribbean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 93, 217-227. doi: 10.1016/j.marpolbul.2015.01.013
- Souza, M. M. de A., & Sampaio, E. V. S. B. (2001). Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-PE após a construção do porto [Changes on the vegetation structure of mangroves after the construction of the Suape Port (PE, Brazil)]. *Acta Botanica Brasilica*, 15(1), 1-12. doi: 10.1590/S010233062001000100001
- Stonehouse, J. M., & Munford, J. D. (1994). *Science, risk analysis and environmental policy decisions*. London, UK: Environment and Trade 5. United Nations Environment Programme - UNEP. Retrieved from <https://rrojasdatbank.info/risks.htm>
- Tchankova, L. (2002). Risk identification-basic stage in risk management. *Environmental Management and Health*, 13(3), 290-297. doi: 10.1108/09566160210431088
- Tomazela, J. M. (2015). Erosão ameaça praias de Santos e Ministério Público intervém [Erosion threatens Santos beaches and prosecution intervenes]. *Parecer técnico - notícias A Tarde*. Retrieved from <http://atarde.uol.com.br/brasil/noticias/1693484-erosao-ameaca-praias-de-santos-sp-e-ministerio-publico-intervem>
- Vasconcelos, S. M., Sorenson, M. M., Leta, J., Sant'ana, M. C., & Batista, P. D. (2008). Researchers' writing competence: a bottleneck in the publication of Latin-American science? *EMBO Reports (European Molecular Biology Organization)*, 9(8), 700-702. doi: 10.1038/embor.2008.143
- Vierendeels, G., Reniers, G. L. L., & Ale, B. J. M. (2011). Modeling the major accident prevention legislation change process within Europe. *Safety Science*, 49(3), 513-521. doi: 10.1016/j.ssci.2010.11.011
- Vinnem, J. E. (2010). Risk indicators for major hazards on offshore installations. *Safety Science*, 48(6), 770-787. doi: 10.1016/j.ssci.2010.02.015
- Vinnem, J. E., & Røed, W. (2015). Root causes of hydrocarbon leaks on offshore petroleum installations. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 36, 54-62. doi: 10.1016/j.jlp.2015.05.014
- Wieczorek, A., Dias-Brito, D., & Milanelli, J. C. C. (2007). Mapping oil spill environmental sensitivity in Cardoso Island State Park and surroundings areas, Sao Paulo, Brazil. *Ocean & Coastal Management*, 50(11), 872-886. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2007.04.007
- Wijeratne, W. M. O. U., Perera, B. A. K. S., & De Silva, L. (2014). Identification and assessment risks in maintenance operations. *Built Environment Project and Asset Management*, 4(4), 384-405. doi: 10.1108/BEPAM-09-2013-0041
- White, I. C., & Molloy, F. (2003). *Factors that determine the cost of oil spills*. Paper presented at proceedings of International Oil Spill Conference 2003, Vancouver, Canada. Retrieved from <https://ioscproceedings.org/doi/abs/10.7901/2169-3358-2003-1-j>