

**DIAGNÓSTICO DE ACIDENTES
AMBIENTAIS NO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO
1983 - 2016**

**ENFOQUE NO
VAZAMENTO
DE ÓLEO
NA BAÍA DE
GUANABARA**

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Luiz Fernando de Souza

Governador

SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE (SEA)

Marco Aurélio Damato Porto

Secretário

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA)

Marcus de Almeida Lima

Presidente

DIRETORIA DE PÓS-LICENÇA (DIPOS)

José Maria de Mesquita Júnior

Diretor

GERÊNCIA DE OPERAÇÕES EM EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS (GEOPEM)

Carlos Eduardo Strauch

Gerente

EQUIPE TÉCNICA

Ailton Paes de Lemos, ajudante operacional

Alberto Andrade e Silva da Cruz, biólogo

Amanda Montavaneli Carvalho, técnico em laboratório

Carlos Eduardo Strauch, biólogo

Cauê Bielschowsky, geólogo

Jorge Lourenço dos Santos, auxiliar motorista

Jorge Luiz Barbosa da Silva, técnico ambiental

José Carlos Alves de Lorena, adjunto II

Luiz Américo Felix Fevrier, técnico ambiental

Maria de Fátima Augusto dos Santos, assistente operacional

Mario Luiz Silva de Oliveira, adjunto II

Mauricio de Azevedo Crud, técnico ambiental

Moacyr Dutra Junior, técnico em laboratório

Paulo Eugênio Mendes, técnico em química

Paulo Roberto Costa Barbosa, adjunto II

Ricardo Ferreira de Albuquerque, técnico ambiental

Ricardo Marcelo da Silva, meteorologista

Ubiratan Amorim da Silva, químico

Vinicius Duarte Mendes, técnico em química

Tito Luiz de Araújo, técnico ambiental

Wilsimara Antunes Ferreira, químico

ESTAGIÁRIOS

Dayani Ribeiro Farias

Diana Rocco Albernaz

Igor Rabello Ferreira Henriques Pereira

Victor Hugo Amorim Rique

**DIAGNÓSTICO DE ACIDENTES
AMBIENTAIS NO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO
1983 - 2016**

**ENFOQUE NO
VAZAMENTO
DE ÓLEO
NA BAÍA DE
GUANABARA**

GERÊNCIA DE OPERAÇÕES EM
EMERGÊNCIAS AMBIENTAIS (GEOPEM)

DIRETORIA DE PÓS-LICENÇA (DIPOS)

Rio de Janeiro
2018

Direitos desta edição do Instituto Estadual do Ambiente (Inea).
Diretoria de Pós-Licença (Dipos)
Gerência de Operações em Emergências Ambientais (Geopem)
Av. Venezuela, 110- 4º andar- Saúde
20081-312- Rio de Janeiro – RJ

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Disponível em: www.inea.rj.gov.br > **Publicações** > **Publicações Inea** > **Relatórios e Inventários**

Produção editorial

Gerência de Publicações e Acervo Técnico (Gepat)

Coordenação editorial

Tania Machado

Revisão

Larissa Garcia
Sandro Carneiro

Projeto gráfico/Diagramação

Julia Coni

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Dr. Fausto Guimarães

I56d	Instituto Estadual do Ambiente (RJ). Diretoria de Pós-Licença. Gerência de Operações em Emergências Ambientais. Diagnóstico de acidentes ambientais no Estado do Rio de Janeiro 1983-2016 : enfoque no vazamento de óleo na Baía de Guanabara / Instituto Estadual do Ambiente (RJ). Diretoria de Pós-Licença. Gerência de Operações em Emergências Ambientais. – Rio de Janeiro, 2018. 94 p. Bibliografia: p. 88-92. 1. Derramamento de óleo – Guanabara, Baía de (RJ). 2. Água – Poluição – Guanabara, Baía de (RJ). 3. Guanabara, Baía de (RJ) – Condições ambientais. I. Título. CDU 628(26.04:815.3)
------	---

- SUMÁRIO -

1. Introdução.....	7
2. Área de Estudo.....	9
3. Interação do Óleo com a Ambiente	11
3.1. Espalhamento.....	12
3.2. Evaporação.....	13
3.3. Dispersão.....	13
3.4. Emulsão.....	14
3.5. Dissolução.....	15
3.6. Sedimentação.....	15
3.7. Oxidação.....	16
4. Técnicas de Estimativa do Volume Vazado.....	18
5. Técnicas de Resposta a Emergências.....	22
5.1. Contenção e recolhimento.....	23
5.2. Dispersantes	29
5.3. Atendimento à fauna.....	31
6. Técnicas de Limpeza de Áreas Atingidas por Óleo.....	34
6.1. Bombas, caminhões a vácuo ou recolhedores.....	35
6.2. Remoção manual.....	35
6.3. Lavagem por inundação.....	36

6.4. Lavagem por arrebentação.....	36
6.5. Revolvimento do sedimento.....	37
6.6. Jateamento.....	37
6.7. Biorremediação.....	38
6.8. Limpeza natural.....	39
6.9. Corte da vegetação.....	39
7. Histórico de Ocorrências.....	40
8. Acidentes Emblemáticos.....	45
8.1. Reduc 2000.....	45
8.2. Saga Mascot 2005.....	52
8.3. TEBIG 2015.....	58
9. Análise das Ocorrências no Período Recente (2011 – 2016).....	63
10. Análise das Ocorrências durante o Período Olímpico (2016).....	71
11. Plano de Ação.....	85
Referências bibliográficas.....	88
Anexo.....	93

- 1 -

INTRODUÇÃO

7

Desde que foi identificado como uma fonte de energia eficiente, o petróleo vem sendo cada vez mais utilizado no mundo. Segundo a International Energy Agency, em 2016, a produção de petróleo mundial atingiu 4.448 Mt (93.7 Mb/d). No Brasil, no mesmo período, houve um crescimento de 3,2% na produção, de acordo com dados do Ministério de Minas e Energia (MME). Cerca de 95% da produção nacional é oriunda de reservas marinhas. O petróleo encontrado no Estado do Rio de Janeiro é oriundo exclusivamente de exploração *offshore* e contribui com mais de 68% da produção nacional (ANP, 2018). Nesse cenário, o Porto do Rio de Janeiro, localizado na Baía de Guanabara, ocupa uma posição-chave para o escoamento da produção, e é ali que se dá grande parte dessa movimentação.

A Baía de Guanabara abriga mais de 35 empresas ligadas a operações petrolíferas, além de duas refinarias em atividade: a Refinaria de Duque de Caxias (Reduc, da Petrobras) e a Refinaria de Manguinhos (PABG, 2014). O Plano Mestre do Porto do Rio de Janeiro (2014) calculou aproximadamente 4.000 atracações de navios de apoio *offshore* no ano de 2012 e estimou que essas operações possam atingir a marca de 6.000 até o ano de 2030. Toda essa estrutura deixa a Baía de Guanabara suscetível a aci-



dentos ambientais, principalmente com hidrocarbonetos. O registro histórico da Gerência de Operações em Emergências Ambientais (Geopem), do Instituto Estadual do Ambiente (Inea), apresenta, entre 1983 e 2015, 190 ocorrências de vazamento de óleo na região da Baía de Guanabara, o que equivale a 65% das ocorrências dessa tipologia em todo o Estado do Rio de Janeiro (PEREIRA, 2018). Alguns desses acidentes foram marcantes e tiveram repercussão nacional, como é o caso do oleoduto que liga a Reduc ao Terminal da Ilha d'Água, que trincou no ano de 2000 e causou o vazamento de 1,6 milhão de litros de óleo.

Apesar de o registro da Geopem indicar que a situação na Baía de Guanabara é crítica, recentemente o setor pôde identificar que os dados de ocorrências históricas não condizem com a realidade de vazamentos de óleo na área. Durante os períodos olímpicos e paralímpicos, a Geopem contou com uma grande estrutura de monitoramento e combate a manchas de óleo. Em 22 dias de operação, foram registradas 76 manchas de óleo, em contraste com a média de 12 manchas denunciadas por ano ao setor. Essa operação demonstrou que, pelo fato de serem motivadas por denúncias e não pelo monitoramento das ocorrências, o registro da Gerência de Emergências subestimava o número de eventos com vazamento de óleo. Durante o período olímpico, também ficaram evidentes as dificuldades enfrentadas pelo Inea para responder a esses acidentes com a estrutura que possuía na ocasião, a mesma de que dispõe atualmente.

Nesse contexto, o presente trabalho surge com o objetivo de avaliar a situação dos vazamentos de óleo na Baía de Guanabara, a baía costeira que mais sofre pressão antrópica no Estado do Rio de Janeiro, tanto pela geografia, estratégica para a instalação de atividades portuárias, quanto pelos motivos históricos e sociais que influenciaram a ocupação urbana da região. Para tal, primeiramente, a região foco do estudo será descrita de modo sucinto. Em seguida, serão discutidos os processos de interação do óleo com o ambiente. Também serão expostas as principais técnicas empregadas na estimativa e na resposta a acidentes envolvendo vazamento de óleo, bem como os procedimentos de limpeza empregados em regiões costeiras atingidas. Na sequência, será apresentado um breve histórico dos acidentes na área e destacados os mais relevantes, assim como serão salientados outros casos emblemáticos, como o do período olímpico e o vazamento de óleo recente, em 2015, ocorrido no Terminal Aquaviário de Angra dos Reis. Por fim, será apresentada uma análise detalhada das ocorrências registradas entre 2011 e 2016.



- 2 -

ÁREA DE ESTUDO

9

A Baía de Guanabara é uma das baías costeiras mais importantes da costa brasileira, tendo uma área de aproximadamente 380 km² (KJERFVE et al., 1997). Na região do fundo da Baía, a profundidade é, em média, de três metros; na altura da Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói), de 8,3 metros; e no canal central de entrada, de 17 metros (KJERFVE et al., 1997).

A variação da profundidade é um fator que influencia a circulação das águas no interior da Baía de Guanabara. Na região da entrada da Baía, as águas são bem misturadas, e as correntes atingem até 0,5m/s, enquanto, nas porções mais rasas e internas, a velocidade é de 0,1m/s (SAMPAIO, 2003). Em relação à morfologia, a Baía de Guanabara é considerada um sistema de estuários dominados por marés com até dois metros de elevação (SAMPAIO, 2003).

Os problemas ambientais da Baía de Guanabara derivam do crescimento urbano e industrial desordenado, que teve início na década de 1950 (KAMPEL e AMARAL, 2001). Circundada pelos municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Guapimirim, Magé, Itaboraí, São Gonçalo e Niterói, a Baía conta com aproximadamente 9,5 milhões de habitantes no seu entorno, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2017. Já a sua região hidrográfica, segundo a Reso-



lução CERHI-RJ n° 107/2013, abrange 17 municípios: Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti, Nilópolis, Maricá, Rio Bonito, Cachoeira de Macacu, Petrópolis, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro, estando os seis últimos abrangidos apenas parcialmente.

Outro fator primordial para estabelecer o cenário atual da Baía de Guanabara é a ocupação industrial. Em 1997, existiam cerca de 6.000 estabelecimentos industriais nas suas margens e outros 6.000 em sua região hidrográfica (KJERVE et al., 1997). Já o relatório da Comissão da Baía de Guanabara (2016) estima que existam 14 mil indústrias na região da bacia hidrográfica da Baía.

Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq) (2012), o Porto Organizado do Rio de Janeiro conta com 16 terminais portuários e 19 áreas de fundeio. As operações petrolíferas somam mais de 35 empresas, com destaque para os três terminais privativos da Transpetro – na Ilha d'Água, Ilha Redonda e Ilha Comprida – três estaleiros, além de duas refinarias em operação, que são a Refinaria de Duque de Caxias (Reduc, da Petrobras) e a Refinaria de Manguinhos (PABG, 2014). Toda essa estrutura provoca, também, um intenso trânsito de embarcações. Segundo o relatório da Comissão da Baía de Guanabara (2016), 80% das embarcações estão à disposição da indústria petrolífera.



- 3 -

INTERAÇÃO DO ÓLEO COM O AMBIENTE

11

O rumo que a mancha de óleo toma depende de alguns fatores, como o volume vazado, as propriedades físico-químicas do óleo e as condições meteorológicas e oceanográficas. Esses últimos determinarão, inclusive, o possível deslocamento da mancha e as áreas que poderão ser atingidas por ela. Além disso, após o vazamento, o óleo sofre alterações ao interagir com o meio ambiente, passando por diversos processos físicos, químicos e biológicos (ITOPF, 2011a, API, 1999, DA CRUZ, 2004).

Os primeiros processos normalmente ocorrem assim que o óleo atinge a água, sendo eles: espalhamento, evaporação, dispersão, emulsão de óleo com água e dissolução. Esses processos são dominantes nas primeiras horas, mas podem se estender por dias. No caso do processo de emulsão, a escala temporal pode atingir meses.

Conforme o tempo passa, o óleo presente no ambiente pode ser oxidado ou biodegradado, sedimentar ou formar uma emulsão com a água. Esses processos normalmente têm escalas de dias a meses. Porém, alguns, como a sedimentação e a biodegradação, podem ocorrer durante milhares de anos (ITOPF, 2011b) (Figura 1).



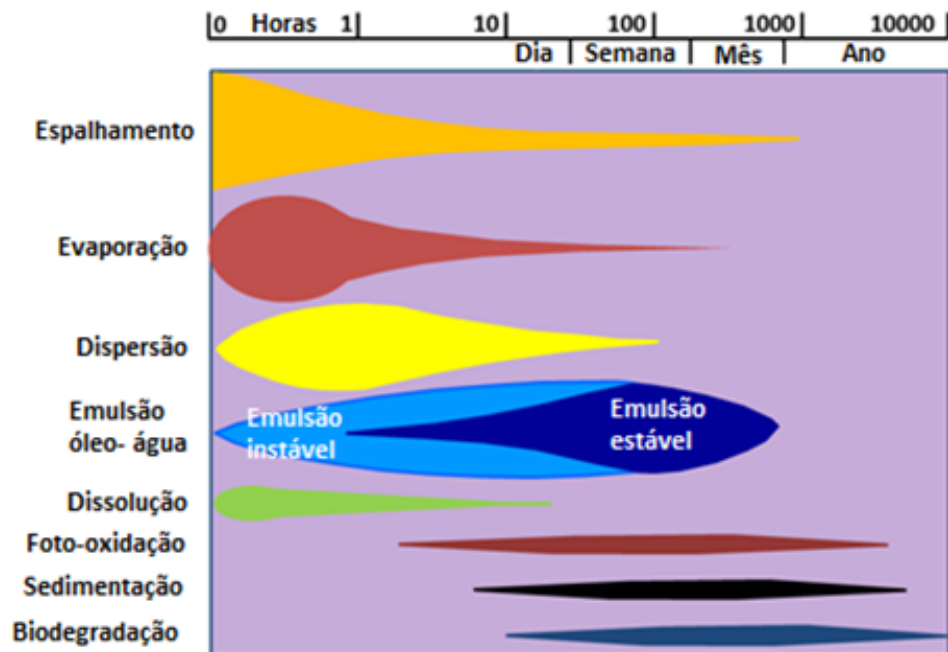


Figura 1: Tempo estimado dos processos de intemperismo que ocorrem com o óleo no meio ambiente

Fonte: Australian Maritime Safety Authority apud Sintef

3.1

ESPALHAMENTO

O espalhamento começa assim que o óleo atinge a água (ITOPF, 2011b, DA CRUZ, 2004). Esse processo consiste na expansão do óleo em relação a um ponto fixo (FINGAS, 2013) e depende, principalmente, da viscosidade do óleo e do volume. O espalhamento não ocorre de forma uniforme e, em poucas horas, a mancha começa a se fragmentar devido à ação do vento e das ondas (ITOPF, 2011b). Conforme o óleo se espalha e a espessura da mancha diminui, a coloração também se altera, saindo de preto ou marrom escuro para iridescente e cinza (ITOPF, 2011b).



3.2

EVAPORAÇÃO

A evaporação, um dos principais processos que auxiliam na retirada do óleo da água para a atmosfera, depende da volatilidade do óleo, da temperatura do ambiente e da intensidade dos ventos (ITOPF, 2011b). O tipo de óleo vazado influencia significativamente o processo de evaporação; óleos leves, por exemplo, podem perder mais de 50% do seu volume em apenas um dia (DA CRUZ, 2004, FINGAS, 2013, ITOPF, 2011b). Além disso, conforme o óleo se espalha, maior é a superfície de contato e maiores são as taxas de evaporação (ITOPF, 2011b).

13

3.3

DISPERSÃO

A dispersão é um processo ligado principalmente à turbulência do ambiente e à viscosidade do óleo (DA CRUZ, 2004). A incidência do vento e das ondas causa a fragmentação da mancha de óleo em gotículas, que ficam misturadas nas camadas superficiais dos oceanos (ITOPF, 2011b). As menores gotas permanecem em suspensão, enquanto as maiores podem voltar à superfície e formar uma fina camada de óleo ou ser novamente fragmentadas em frações menores (ITOPF, 2011b). A dispersão do óleo facilita outros processos de intemperismo, como a biodegradação, a sedimentação e a dissolução.



3.4

EMULSÃO

14

A turbulência no ambiente, combinada à composição e à viscosidade do óleo, também pode fazer a mancha formar uma emulsão (Figura 2). Dessa forma, a viscosidade da mancha é alterada, e o óleo passa a ter consistência de musse de chocolate. A emulsão é caracterizada por uma grande quantidade de água no óleo (60 a 85%) que faz o volume da mancha expandir de três a cinco vezes (NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US), 2003). Com a formação da emulsão, há uma tendência progressiva de aumento da viscosidade e estabilidade (ITOPF, 2011b, DA CRUZ, 2004). Emulsões estáveis contêm entre 70% a 80% de água e apresentam coloração vermelha/marrom, laranja ou amarela, além de consistência semissólida (ITOPF, 2011b). Esse processo dificulta o intemperismo e é o principal responsável pela persistência de óleos leves e médios no ambiente marinho (ITOPF, 2011b).

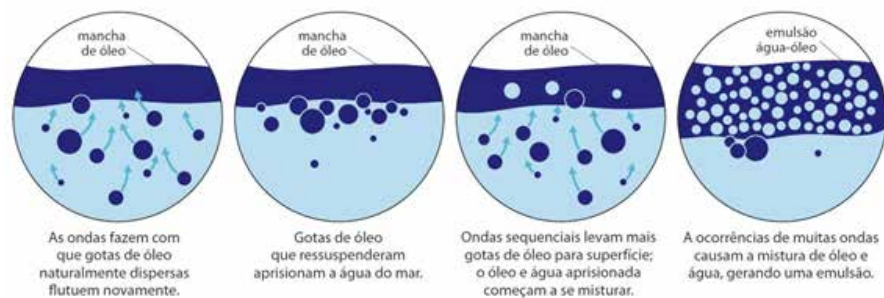


Figura 2: Esquema demonstrando o processo de emulsificação

Fonte: IPIECA-IOPF, 2015b



3.5

DISSOLUÇÃO

A dissolução é um processo que tem pouca representação na remoção do óleo da água. De forma geral, os componentes pesados do óleo apresentam um grau de dissolução bem baixo. Já os leves, apesar de mais solúveis, normalmente evaporam antes que a dissolução ocorra (ITOPF, 2011b). Vale destacar que as frações mais solúveis do óleo são os pequenos componentes aromáticos, os mais tóxicos para os organismos marinhos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US), 2003).

15

3.6

SEDIMENTAÇÃO

A sedimentação é um processo lento e que depende da interação das gotículas de óleo com o material particulado em suspensão, o qual permite o aumento da densidade e, assim, o lento processo de deposição no fundo marinho (ITOPF, 2011b). Outro mecanismo responsável pela sedimentação é a ingestão de pequenas gotas de óleo pelos zooplânctones e a posterior excreção desse material em pelotas fecais (FINGAS, 2013). Poucos óleos residuais apresentam densidade maior do que a da água do mar e afundam rapidamente ao atingir o ambiente marinho (ITOPF, 2011b). Em regiões costeiras, a interação do óleo com a costa pode ser responsável pela sedimentação, uma vez que promove a mistura do óleo com sedimentos (ITOPF, 2011b).



3.7

OXIDAÇÃO

O único processo capaz de alterar a composição química do óleo é a oxidação, pois provoca modificações e reajustamentos na mistura dos componentes constituintes do óleo. Esse processo pode ocorrer por meio da radiação incidente na água, também chamada de foto-oxidação, ou por meio de biodedragação, chamada de oxidação microbiana. Em geral, há uma ordem de oxidação, na qual os compostos mais leves são oxidados primeiro (DA CRUZ, 2004, FINGAS, 2013).

A foto-oxidação é uma reação entre os hidrocarbonetos e o oxigênio catalisada pela luz solar (National Research Council (US), 2003). O índice de remoção por esse processo é baixo. Além disso, camadas espessas de óleo ou emulsões, quando oxidam, tendem a formar resíduos persistentes (ITOPF, 2011b). Já a oxidação microbiana depende da interação entre o óleo e os microrganismos marinhos. Cada organismo tende a degradar um grupo específico de hidrocarbonetos, dependendo da disponibilidade de oxigênio e nutrientes (ITOPF, 2011b). Esse é considerado um dos principais mecanismos de remoção, em longo prazo, de óleo do ambiente (NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US), 2003).

16

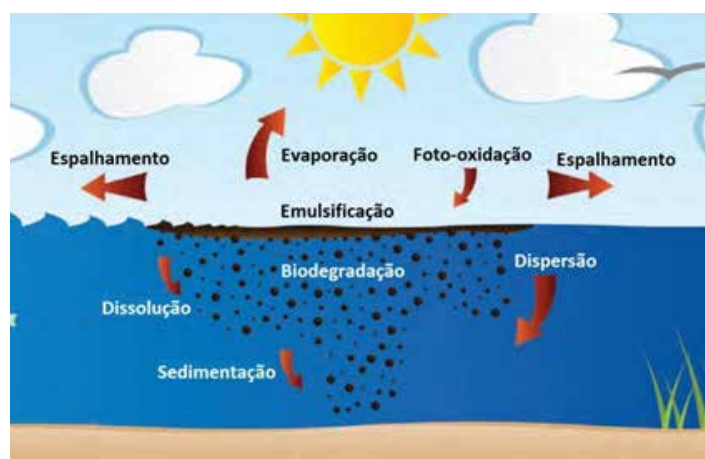


Figura 3: Principais processos que o óleo sofre ao atingir o ambiente

Fonte: ITOPF, 2011b.



Os principais processos descritos são sintetizados na Figura 3. Vale destacar que, enquanto o intemperismo ocorre, a mancha de óleo também pode ser transportada. O transporte da mancha é chamado de advecção, que consiste no deslocamento do óleo pela ação de correntes oceânicas superficiais e do vento (Figura 4). De forma geral, a mancha de óleo, por possuir uma densidade menor que a da água do mar, se mantém na superfície e se desloca conforme o fluxo de água do ambiente (FINGAS, 2013).

Nos capítulos a seguir, serão descritas as principais técnicas de estimativa do volume de óleo, de combate e resposta às manchas de hidrocarbonetos e de limpeza de ambientes atingidos por óleo. Além disso, será abordada a regulamentação do uso de dispersantes no Brasil.



- 4 -

TÉCNICAS DE ESTIMATIVA DO VOLUME VAZADO

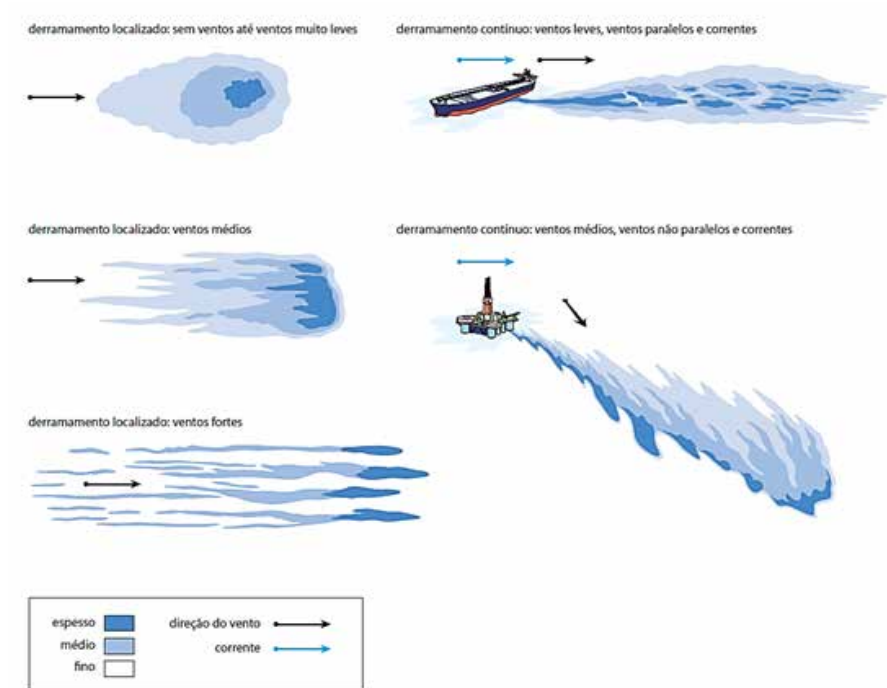
18

A estimativa do volume de manchas de óleo no mar depende, primeiramente, de uma correta observação. Tendo em vista as dimensões que as manchas podem atingir, a estratégia de observação aérea é a mais aplicada. Primeiramente, é necessário um planejamento da rota do voo. O óleo se desloca em razão do vento e das correntes (Figura 4), e o conhecimento desses parâmetros no local da ocorrência é fundamental. Para traçar a rota do voo, são utilizadas as técnicas de deslocamento no sentido oposto ao do vento e de cobertura da mancha por faixas paralelas, chamada de busca de coordenada em linha deslizante (IPIECA-IOGP, 2014b) (Figura 5). O objetivo principal é aumentar as chances de encontrar quaisquer manchas na região. Para que o brilho da mancha de óleo não prejudique a visualização, o observador deve atentar para a posição em relação ao sol. Existem também feições que merecem destaque, como nuvens no céu, recifes, pedras submersas e plumas de material particulado, pois podem ser confundidas com manchas de óleo (ITOPF, 2011a).

O volume do óleo pode ser estimado durante o sobrevoo pelo observador, assim como a partir de fotografias registrando a mancha de óleo. A esti-



mativa depende de dois critérios primordiais: a aparência do óleo e o grau de cobertura. O código *Bonn Agreement Oil Appearance Code* (BAOAC) foi elaborado para determinar a aparência do óleo a partir de uma observação aérea.



19

Figura 4: Demonstração de como as manchas de óleo podem se deslocar em relação às correntes superficiais e ventos

Fonte: IPIECA-IOGP, 2014b

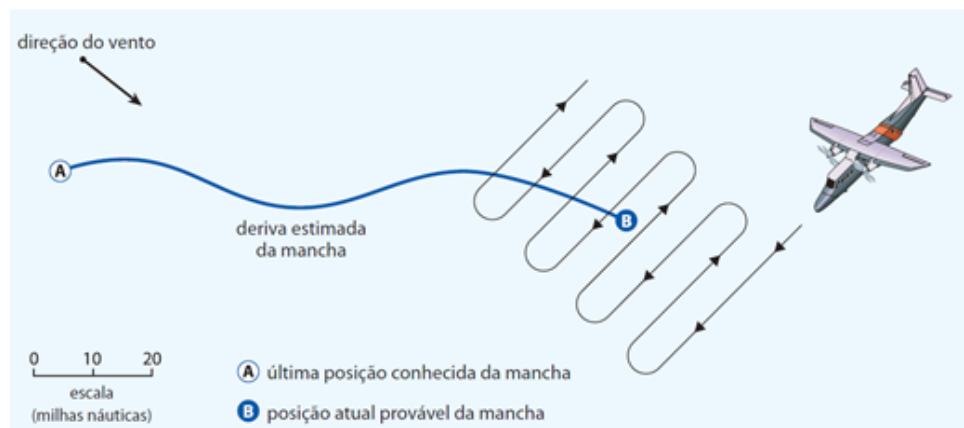


Figura 5: Aplicação da técnica de linha deslizando durante observação aérea

Fonte: IPIECA-IOGP, 2014b

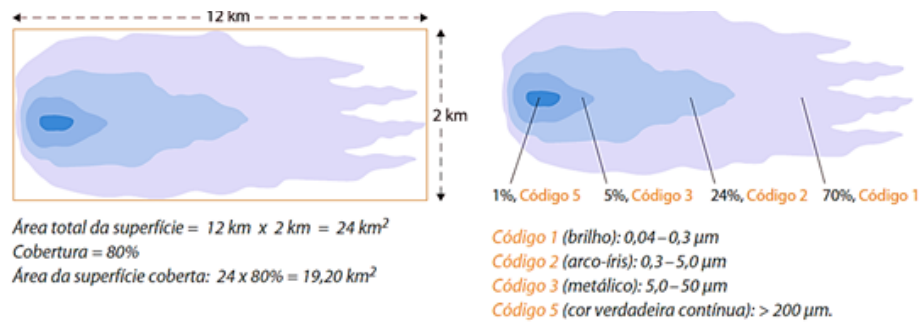


TABELA 1 - CÓDIGO BONN AGREEMENT OIL APPEARANCE CODE (BAOAC)

Código	Aparência	Espessura (µm)	Volume (L/km ²)
1	Brilho (prateado/ cinza)	0,04- 0,3	40- 300
2	Arco-íris	0,3- 5	300 – 5.000
3	Metálico	5- 50	5.000 – 50.000
4	Cor verdadeira descontínua	50- 200	50.000 – 200.000
5	Cor verdadeira contínua	>200	>200.000

Fonte: IPIECA-IOGP, 2014b

20



a) Estimativa mínima

Código 1 $19 \times 70\% \times 0,04 = 0,532 \text{ m}^3$ (532 litros)
 Código 2 $19 \times 24\% \times 0,3 = 1,368 \text{ m}^3$ (1.368 litros)
 Código 3 $19 \times 5\% \times 5,0 = 4,75 \text{ m}^3$ (4.750 litros)
 Código 5 $19 \times 1\% \times 200 = 38 \text{ m}^3$ (38.000 litros)

Total: 44,65 m³ (44.650 litros)

b) Estimativa máxima

Código 1 $19 \times 70\% \times 0,3 = 3,99 \text{ m}^3$ (3.990 litros)
 Código 2 $19 \times 24\% \times 5,0 = 22,8 \text{ m}^3$ (22.800 litros)
 Código 3 $19 \times 5\% \times 50 = 47,5 \text{ m}^3$ (47.500 litros)
 Código 5 $19 \times 1\% \times 200 = 38 \text{ m}^3$ (38.000 litros)

Total: 112,29 m³ (112.290 litros)

Figura 6: Exemplo de cálculo do volume de uma mancha de óleo

Fonte: IPIECA-IOGP, 2014b



No código BAOAC, são estabelecidos cinco padrões, que, na Tabela 1, são relacionados com a espessura e o volume do óleo. A Figura 6 apresenta um exemplo de cálculo estimado do volume de uma mancha de óleo (IPIECA-IOGP, 2014b).

Além das imagens registradas por câmeras fotográficas comuns, existem diversos sensores desenvolvidos para estimar não apenas o volume, mas também outras propriedades da mancha de óleo. Os sensores detectam a radiação fora do espectro visível e podem ser acoplados a embarcações, portos, aeronaves e satélites (IPIECA-IOGP, 2014b). Como vantagem, a utilização de sensores remotos pode auxiliar a minimizar a ocorrência de falsos alarmes, já que muitos podem ser utilizados independentemente do período do dia e das condições de tempo (IPIECA-IOGP, 2014b). Além disso, os sensores podem prover informações adicionais sobre a mancha de óleo e o meio ambiente. O funcionamento é baseado na detecção das diferentes propriedades da superfície do mar, que são modificadas devido à presença do óleo (ITOPF, 2011a). A utilização de sensores demanda uma equipe treinada para a devida interpretação das imagens geradas. Os sensores também apresentam limitações. Por conta disso, tem se tornado comum a utilização de diversos deles de forma acoplada, para que seja obtido um melhor resultado (ITOPF, 2011a). Os mais utilizados são o radar aéreo de inspeção lateral (SLAR), o escâner de linha infravermelha (IR) e o escâner de linha ultravioleta (UV). Muitas vezes, eles são usados simultaneamente para obtenção de informações variadas sobre o óleo vazado. O Anexo sintetiza as principais características dos sensores mais utilizados no sensoriamento remoto para identificação de manchas de óleo.



- 5 -

TÉCNICAS DE RESPOSTA A EMERGÊNCIAS

22

O óleo, uma vez no espelho d'água, pode causar severos danos aos ecossistemas e às comunidades presentes. Diante de um cenário de acidente, existem técnicas desenvolvidas para minimizar os possíveis impactos ambientais. É importante destacar que, em situações de emergência, as decisões devem, sempre, ser tomadas o mais rapidamente possível. Para tal, o conhecimento acerca do tema é primordial.

Uma vez ocorrido um acidente envolvendo vazamento de óleo, é essencial que seja aplicada a técnica coerente com o cenário encontrado. São descritas, a seguir, de forma sucinta, as principais técnicas de resposta, divididas em dois grupos distintos: contenção e recolhimento, e atendimento à fauna.



5.1

CONTENÇÃO E RECOLHIMENTO

Os equipamentos utilizados para contenção se baseiam na ideia de concentrar o óleo vazado numa espessura adequada para o posterior recolhimento (IPIECA-IOGP, 2015a). Além disso, dependendo da situação, esses equipamentos podem direcionar a mancha ou proteger áreas sensíveis (ITOPF, 2014a). Os principais equipamentos de contenção são as barreiras flutuantes, ou de contenção (IPIECA-IOGP, 2015a), que são formadas por: um meio de flutuação (normalmente, ar ou espuma); a saia, que fica submersa e impede a passagem do óleo; e um elemento de tensão longitudinal localizado no fundo da barreira, que auxilia na resistência aos ventos, ondas e correntes locais. Muitas barreiras também apresentam um sistema de lastro, cuja função é manter a orienta-

23

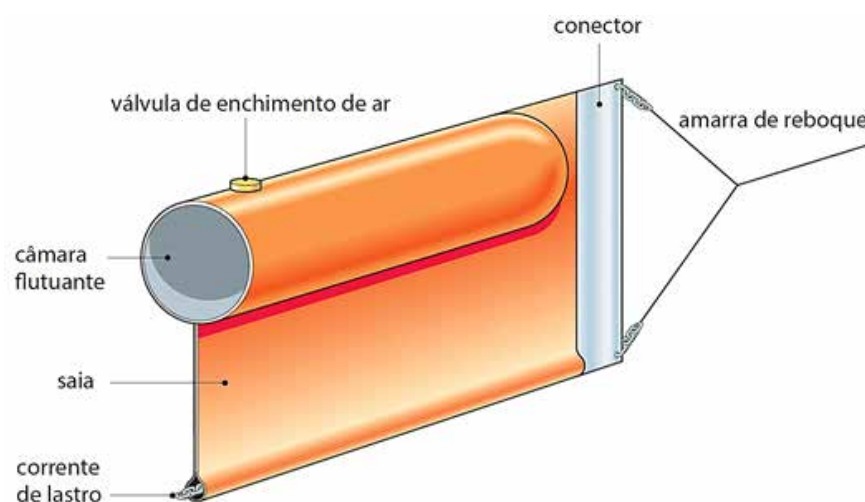


Figura 7: Principais elementos que compõem uma barreira flutuante

Fonte: IPIECA-IOGP, 2015



ção vertical. A Figura 7 esquematiza os elementos que compõem uma barreira de contenção (MOREIRA, 2016, IPIECA-IOGP, 2015a).

Existem três principais tipos de barreira de contenção: de cortina, de cerca e de praia, ou costeira. A barreira do tipo cortina é aquela na qual a saia é contínua. Podendo ser inflável ou de espuma, é sendo indicada para ambientes com fortes correntes. Já as cortinas de cerca são barreiras ancoradas, com saia flexível e flutuação de espuma, não sendo recomendadas para ambientes de oceano aberto com ventos e correntes fortes. Por fim, a barreira de praia é aquela indicada para regiões costeiras e na qual, normalmente, a saia é substituída por câmaras cheias de água para garantir a estabilidade (Figura 8) (MOREIRA, 2016, ITOPE, 2014a). A Tabela 2 sintetiza as principais características de cada tipo de barreira citada.

Muitas vezes, a fim de agilizar as ações, a contenção e o recolhimento ocorrem simultaneamente. Para isso, são necessárias embarcações para rebocar as barreiras, e, uma vez que o óleo se concentra e atinge uma espessura razoável, o recolhimento pode ser iniciado (IPIECA-IOGP, 2015a, MOREIRA, 2016). O ideal é começar as operações de contenção e recolhimento o mais breve possível, antes que o óleo se espalhe muito. As barreiras, geralmente, são dispostas na forma de 'U', 'V' ou 'J' (Figura 9). É importante salientar que o recolhimento é limitado, pois retira de 5% a 20% do óleo vazado (IPIECA-IOGP, 2015a).

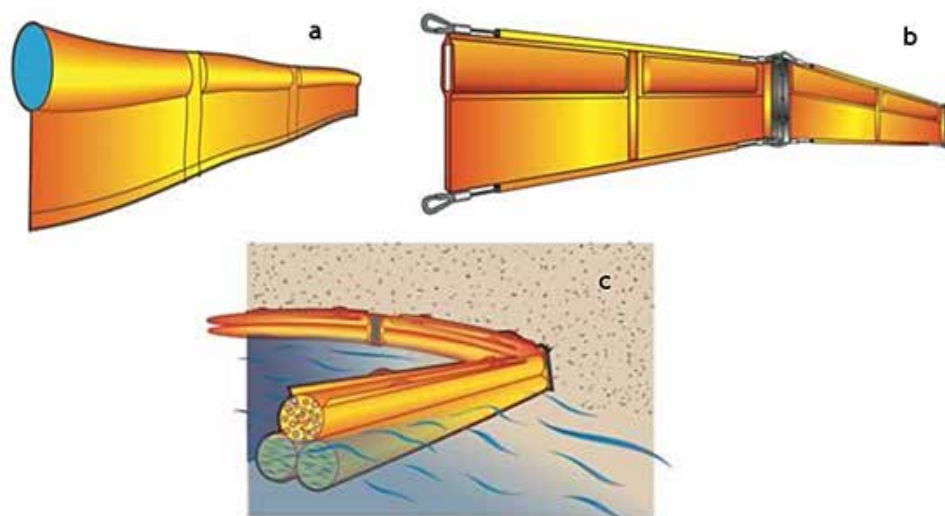


Figura 8: Principais tipos de barreiras de contenção: (a) cortina, (b) cerca, (c) costeira

Fonte: Moreira (2016) apud Fingas (2013)



TABELA 2 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE BARREIRAS

	Cortina	Cerca	Praia	
Método de flutuação	Inflável	Espuma sólida	Espuma	Compartimento superior inflável e compartimentos inferiores cheios com água
Armazenamento	Compacta quando vazia	Volumosa	Volumosa	Compacta quando vazia
Adaptação à ondulação	Bom	Razoável	Má	Bom
Ancorada ou rebocada?	Ambas	Ancorada	Ancorada	Ancorada
Limpeza	Simples	Simples	Difícil/média	Média
Custo relativo	Alto	Médio a baixo	Baixo	Alto
Utilização preferencial	Na costa e no mar	Águas costeiras abrigadas	Águas abrigadas	Ao longo de margens abrigadas com influência da maré (sem rebentação)

Fonte: Moreira, 2016, ITOPE, 2014a

25

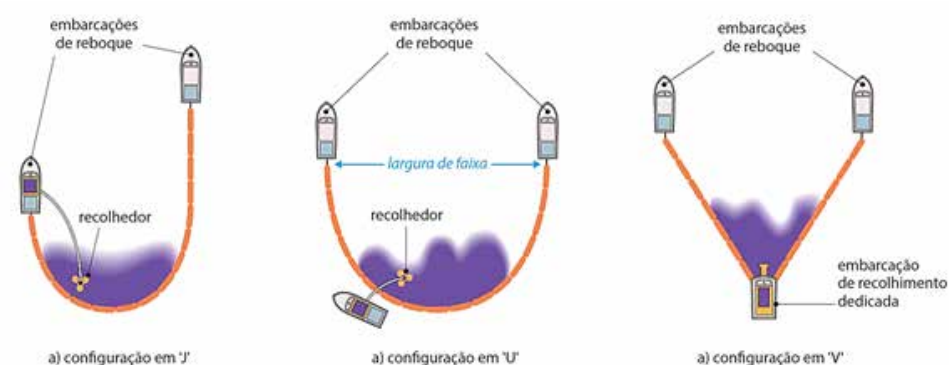


Figura 9: Principais disposições de barreiras de contenção

Fonte: IPIECA-IOGP, 2014b



A escolha da configuração das barreiras utilizadas depende da disponibilidade de recursos. Estejam as barreiras dispostas no formato 'U' ou no formato 'V', faz-se necessária uma terceira embarcação para realizar o recolhimento. Entretanto, é justamente nessas disposições que a capacidade de coleta do óleo é otimizada, principalmente por aumentar a largura da faixa que permite abranger uma área maior (IPIECA-IOGP, 2015a, MOREIRA, 2016).

Além dessas configurações, outras duas merecem destaque: uma delas é a disposição em sistema de varredura lateral, com embarcação única, muito semelhante à disposição na forma de 'J', porém, com apenas uma embarcação envolvida e a barreira disposta lateralmente, fixada a um braço rígido. Essa configuração muitas vezes é utilizada onde os recursos de embarcações são escassos (IPIECA-IOGP, 2015a, MOREIRA, 2016). Por fim, muitas vezes as barreiras são usadas como proteção para certas áreas ou fixadas para desviar o deslocamento do óleo. Para isso, é fundamental observar a corrente marítima no local para a correta disposição da barreira (MOREIRA, 2016, ITOPIF, 2014a).

Alguns limites técnicos e ambientais são fundamentais para que a segurança e eficiência da operação sejam mantidas. Primeiramente, as barreiras não devem ultrapassar 500 metros de comprimento, independentemente da configuração escolhida (qualquer valor acima torna mais complexa a coordenação entre as embarcações, e o risco de danos à barreira aumenta). Outro parâmetro importante é a velocidade de reboque, que não deve ultrapassar 0,75 nós, a fim de evitar falhas e danos às barreiras. Além disso, é recomendada a realização das operações no período diurno, permitindo a visibilidade da mancha. Condições ambientais que incluam ondas acima de 2,5 m e ventos de mais de 40 nós também devem ser evitadas, uma vez que prejudicam o desempenho do equipamento e podem colocar em risco a segurança dos profissionais envolvidos (IPIECA-IOGP, 2015a).

As exigências legais a serem seguidas devem ser salientadas nos regulamentos locais antes do início de quaisquer operações que envolvam a produção de resíduos. Também é essencial um planejamento sobre a destinação correta dos resíduos coletados, pois o óleo recolhido carrega água. Portanto, deve-se estabelecer qual procedimento será seguido. Algumas embarcações, por exemplo, são equipadas com separadores de água e óleo. Outra opção é o armazenamento temporário até que a diferença de densidade separe os dois meios. Se nenhuma das técnicas for aplicada, a água deve ser destinada, juntamente com o óleo, como resíduo (IPIECA-IOGP, 2015a).

A fase seguinte diz respeito ao recolhimento. Como dito anteriormente, muitas vezes os procedimentos são simultâneos e, quando associados às embarcações de contenção, há um recolhedor. A escolha do recolhedor



depende, principalmente, da viscosidade do óleo vazado e do intemperismo sofrido (ITOPF, 2014c). Porém, em uma situação de emergência, infelizmente essas informações não estão tão facilmente disponíveis. O recolhimento pode ocorrer tanto em oceano aberto quanto em regiões costeiras. O objetivo dos recolhedores é remover o óleo da superfície da água e armazená-lo. Existem três principais tipos de recolhedores: os oleofílicos, os de sucção e os mecânicos (IPIECA-IOGP, 2015a, ITOPF, 2014c).

Os recolhedores oleofílicos utilizam materiais que possuem afinidade com o óleo em relação à água, o que facilita a aderência. Os materiais aderentes mais utilizados são discos, cintas, escovas, cordões e rolos (ITOPF, 2014c). Após a coleta do óleo, a superfície oleofílica é raspada, e o óleo removido é bombeado para uma unidade de armazenamento (IPIECA-IOGP, 2015a, MOREIRA, 2016). Esses recolhedores têm a vantagem de coletarem menos água. Logo, em condições ideais, 95% do líquido coletado é óleo. Entretanto, a utilização deles não é indicada em águas muito agitadas, pois são pouco eficientes em situações de emulsão, uma vez que a atração por partículas oleosas fica reduzida devido à grande quantidade de água (IPIECA-IOGP, 2015a).

Os recolhedores de sucção são baseados em um sistema que retira o óleo superficial da água através de bombeamento de ar. Esse equipamento apresenta uma grande capacidade de recolhimento e responde bem a

27

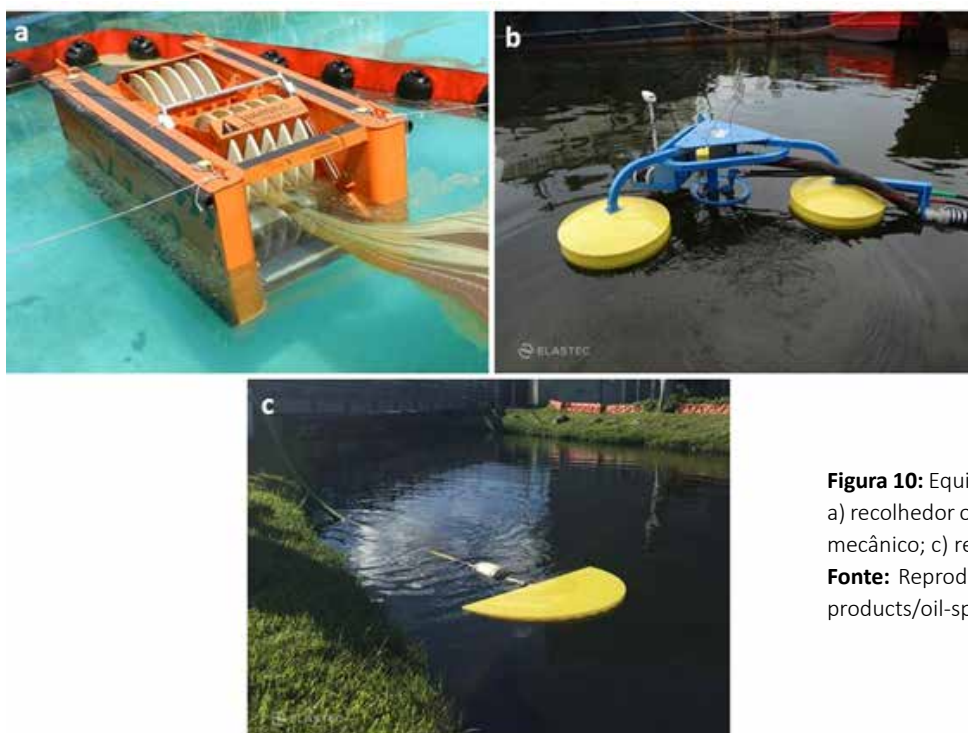


Figura 10: Equipamentos recolhedores de óleo: a) recolhedor oleofílico de discos; b) recolhedor mecânico; c) recolhedor de sucção

Fonte: Reprodução (<https://www.elastec.com/products/oil-spill-equipment/>)



óleos leves e moderados e em águas pouco agitadas (MOREIRA, 2016). São também indicados em ambientes costeiros, onde há disponibilidade de sistemas de vácuo. Por outro lado, esses equipamentos acabam absorvendo muita água durante a sucção e precisam de monitoramento durante a operação e manutenção técnica (IPIECA-IOGP, 2015a).

Por fim, os recolhedores mecânicos ficam posicionados na interface entre óleo e água e utilizam a gravidade para separá-los (ITOPF, 2014c). Muito econômicos e eficientes na retirada de óleos de alta viscosidade, assim como em emulsões e óleos já no ambiente há algum tempo, os recolhedores mecânicos, porém, necessitam de uma camada espessa de óleo para manter a eficiência do método.

Outros equipamentos que merecem destaque são os de absorção e adsorção, pois são muito aplicados quando as demais técnicas são inviáveis. Contudo, o uso desses instrumentos deve ser controlado, pois eles geram muitos resíduos.

A absorção é um processo no qual o material acumula o óleo nos poros. Já na adsorção, o acúmulo ocorre na superfície do material (MOREIRA, 2016). Vários materiais são utilizados nesses equipamentos, sendo possível dividi-los em duas categorias: sintéticos e naturais (CETESB, 2007). Os sintéticos são produzidos industrialmente e, normalmente, são à base de polímeros. Apesar de esses materiais terem maior capacidade de absorção, a degradação deles é muito baixa. Já os materiais naturais podem ser minerais ou orgânicos. Entre os minerais, destacam-se calcários, sílica, terra diatomácea, argila, perlita e vermiculita, que são muito eficientes, mas muitas vezes difíceis de recolher, pois tendem a afundar. Já entre os orgânicos, os mais utilizados são cortiça, palha, feno e bagaço de cana, além dos produzidos industrialmente, como as turfas vegetais. Esses materiais apresentam muitos aspectos ambientalmente positivos, como biodegradabilidade, boa flutuabilidade, ausência de toxicidade e boa eficiência (CETESB, 2007, ITOPF, 2014e). Recomenda-se a utilização de absorventes e adsorventes em eventos com pouca quantidade de óleo ou durante operações de limpeza (MOREIRA, 2016).

Muitas vezes, dependendo da característica da mancha de óleo, o procedimento de contenção e recolhimento não é possível. Isso ocorre, principalmente, com manchas finas e com coloração prateada ou iridescente. Para casos como esses, recomenda-se a utilização de embarcações para realizar a dispersão hidromecânica, técnica que consiste na navegação sobre a mancha a fim de intensificar os processos de intemperismo, favorecendo a dispersão natural do óleo.



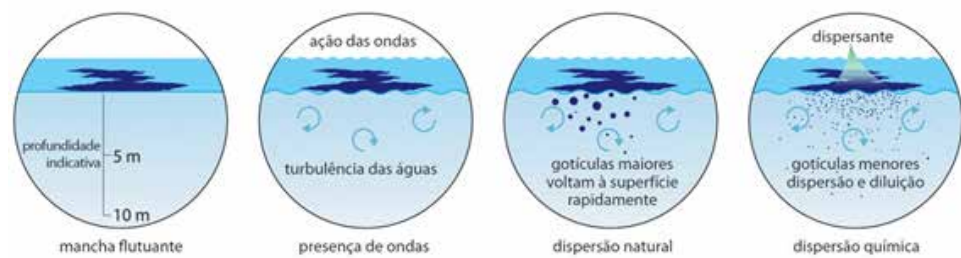


Figura 11: Dispersão do óleo na água. Diferença entre a aplicação ou não de dispersantes

Fonte: IPIECA-IOGP, 2015b

5.2

DISPERSANTES

Além dos equipamentos que buscam conter e recolher o óleo, há também aqueles cujo propósito é intensificar o processo de dispersão. Esses materiais são conhecidos como dispersantes e configuram uma técnica de resposta eficiente, dependendo do caso. O principal objetivo de um dispersante é solubilizar a mancha de óleo em gotículas que poderão ser mais rapidamente diluídas e, consequentemente, facilitarão a biodegradação por microrganismos (ITOPF, 2014b). Por remover o óleo da superfície, a aplicação de dispersantes é uma técnica que pode ser útil para evitar maiores danos ambientais (IPIECA-IOGP, 2015b).

Assim como a dispersão natural, a dispersão química, aquela exercida pelos dispersantes, necessita de energia mecânica para o funcionamento. A agitação das águas causada pela ação dos ventos e ondas exerce esse papel. Durante a dispersão natural, as gotas de óleo grandes que se desprendem da mancha tendem a retornar para a superfície e a se agrupar novamente na mancha, enquanto as gotas menores tendem a ficar suspensas na coluna de água e a ser diluídas, como mostra a Figura 11. Nesse sentido, os dispersantes agem com o intuito de intensificar a formação de gotas menores, que se mantêm em suspensão, disponíveis para degradação microbiana.

Um dos principais componentes dos dispersantes são os surfactantes. Os surfactantes, muito utilizados em produtos de limpeza, são moléculas formadas



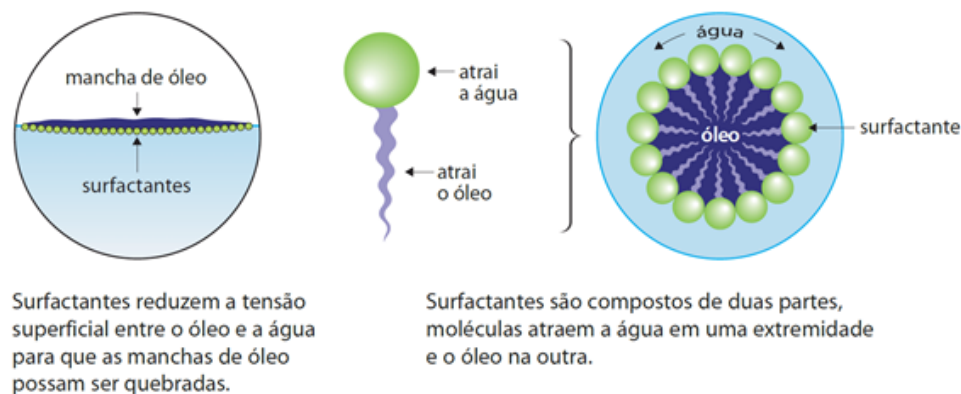


Figura 12: Atuação dos surfactantes em contato com o óleo

Fonte: IPIECA-IOGP, 2015b

30

por duas partes: uma que possui afinidade pela água e outra que possui afinidade por óleos (Figura 12). De forma geral, tanto nos dispersantes quanto em produtos de limpeza, o objetivo dos surfactantes é diminuir a tensão superficial entre dois fluidos. Uma vez aplicado em uma mancha de óleo, o surfactante presente nos dispersantes age diminuindo a tensão superficial entre óleo e água, formando pequenas gotas. As gotas permanecem encapsuladas, impedindo que elas se unam novamente à mancha ou que sejam aderidas a outras superfícies.

Segundo ITOPF (2014b), a velocidade do vento ideal está entre 4 e 12m/s. Além disso, a entidade esclarece que os dispersantes são produzidos para águas com salinidade entre 30 e 35. Destaca-se também o fato de a eficiência dos dispersantes diminuir com o aumento da viscosidade do óleo. Outra variável ambiental é a altura das ondas. De acordo com o guia do IPIECA-IOGP (2015b), a altura máxima das ondas para melhor ação dos dispersantes é cinco metros. A partir de 0,2 m, os dispersantes já começam a acelerar o processo de dispersão. O guia também sinaliza que, em condições de ventos muito fortes e mar agitado, o uso de dispersantes não é indicado, uma vez que há prejuízo no direcionamento da aplicação e, devido à agitação, o óleo pode ficar completamente submerso.

A escolha de aplicação do dispersante deve ser bem coordenada pela equipe. Por alterar a tensão superficial, a aplicação de dispersantes inviabiliza técnicas de recolhimento que dependem dessa propriedade. Em termos ambientais, os dispersantes também levantam debates: por um lado, podem ser vistos como uma estratégia para evitar maior contaminação em regiões costeiras. Por outro, representam um poluente a mais no ambiente marinho. A maior preocupação é em relação aos efeitos da toxicidade associada ao óleo



dispersado sobre os organismos que vivem na coluna de água e associados ao fundo, uma vez que os dispersantes facilitam a diluição do óleo. Nesse sentido, surge a necessidade de uma regulamentação do uso dos dispersantes.

No Brasil, essa regulamentação é estabelecida pela Resolução Conama nº 472/2015, que prevê que qualquer dispersante químico deve, primeiramente, ser registrado no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). As baías costeiras, como a Baía de Guanabara, são classificadas como áreas de restrição, pois estão a menos de 2.000 m de distância da costa e apresentam profundidades menores que 20 m. Sendo assim, o uso de dispersantes nessas áreas só poderá ocorrer em casos excepcionais. Para tal, é necessária prévia autorização do Ibama, a quem deve ser tecnicamente justificado e demonstrado que o uso dos dispersantes implicará menor impacto aos ecossistemas passíveis de serem atingidos pelo óleo do que o seu não uso. Caso seja confirmada a necessidade de utilização de dispersantes, a aplicação deve ser acompanhada de monitoramento aéreo e marítimo, e o respondedor deverá encaminhar ao Ibama o Relatório de Aplicação do Dispersante Químico, no prazo máximo de 15 dias, e o Relatório Final, no prazo de 90 dias após o término do monitoramento.

5.3

ATENDIMENTO À FAUNA

Nem todo acidente envolvendo óleo causa danos à fauna. Entretanto, nos casos em que isso acontece, o atendimento à fauna é um passo fundamental durante a resposta à ocorrência. Até pouco tempo atrás, existiam poucos planos de resposta à fauna (IPIECA-IOGP, 2014a). No Brasil, em 2016, o Ibama lançou o Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo (PAE-Fauna), que indica as melhores técnicas e estruturas para o resgate de fauna oleada. É importante perceber que o impacto sobre a fauna não tem relação direta com o volume de óleo



vazado. Na verdade, isso depende de outros fatores, como o local do incidente, o tipo de produto, os padrões climáticos e oceanográficos e a movimentação das espécies que se alimentam, aninham ou, no geral, habitam determinada área (IPIECA-IOGP, 2014a).

O *Manual de Boas Práticas para Manejo de Fauna Atingida por Óleo*, lançado simultaneamente ao PAE-Fauna, estabelece as ações mínimas necessárias para resposta a um incidente de poluição por óleo em águas que envolva fauna impactada ou sob risco. Nele, são estabelecidas três estratégias de resposta: a primária, a secundária e a terciária. A primária é baseada em ações que mantenham o óleo afastado da fauna, a secundária estabelece procedimentos para manter a fauna afastada do óleo, e a terciária prevê ações de manejo para mitigar o efeito do óleo sobre a fauna afetada. A estratégia secundária só deve ser colocada em prática se a primária não for o suficiente para proteger os animais. Da mesma forma, a terciária é a última opção, embora se deva evitar o estágio em que ela se faz necessária, pois, nele, os animais já sofreram impacto.

Na resposta primária, as estratégias adotadas são aquelas em que equipamentos de contenção são utilizados para evitar que o óleo atinja locais mais sensíveis. Já as ações de estratégia secundária preveem, preventivamente, a retirada do animal do local. Para isso, são aplicadas duas técnicas: afugentamento ou captura preventiva. Dependendo do caso, para as ações da estratégia terciária (Figura 13), são necessários recursos e uma estrutura. Primeiramente, a fauna deve ser resgatada e, em seguida, recepcionada em local equipado para receber os primeiros socorros. Depois, os animais devem ser transportados para um local onde possam ser submetidos a



Figura 13: Ações da estratégia terciária: a) animal resgatado, b) hidratação do animal durante a estabilização, c) lavagem com água aquecida do óleo presente no animal, d) fase de reabilitação de fauna
Fonte: Ibama (2018)

uma avaliação clínica completa, incluindo triagem e estabilização. O próximo passo é a limpeza e a lavagem com água aquecida, a fim de remover todo o óleo dos animais. Uma vez finalizada a limpeza, os animais entram na fase de reabilitação. Assim que o animal estiver reabilitado, poderá ser encaminhado para cativeiro ou ser solto na natureza. A preferência é pela soltura no ambiente natural, pois o cativeiro só é indicado quando o animal não tem condições de sobreviver fora dele. No caso da soltura, é importante monitorar o animal após essa etapa para acompanhar a readaptação ao habitat natural.



- 6 -

TÉCNICAS DE LIMPEZA DE ÁREAS ATINGIDAS POR ÓLEO

34

Nem sempre os métodos de contenção e recolhimento são eficientes a ponto de evitar o contato do óleo com ambientes costeiros. Quando o óleo atinge a linha de costa, as estratégias de limpeza que serão aplicadas já devem estar previamente estabelecidas. As operações de limpeza nos ambientes costeiros costumam ser complicadas em razão da grande repercussão midiática e, em muitos casos, devido às consequências diretas para a população que faz uso das áreas afetadas (IPIECA-IOGP, 2015c). Essa pressão social pode levar a equipe de limpeza a dar preferência a métodos de limpeza mais velozes. Porém, nem sempre isso é o mais indicado. Alguns dos métodos mais rápidos e eficientes causam danos ambientais mais severos do que a presença do óleo no local (CETESB, 2007). Além disso, as operações de limpeza devem ser bem planejadas e baseadas tanto nas informações do acidente quanto nas condições ambientais. Isso permite que a operação se inicie no momento correto e evita a limpeza da mesma área duas vezes (IPIECA-IOGP, 2015c).

Uma questão que gera grande debate é sobre até que ponto o ambiente está suficientemente limpo. Sabe-se que é impossível a remoção completa e absoluta de todo o óleo. Estabelecer um parâmetro claro de limpeza também configura um desafio, uma vez que cada ambiente tem suas peculiaridades. A



equipe de limpeza, atenta para o fato de que nem sempre aspectos estéticos refletem qualidade ambiental, é que deverá determinar quando as atividades devem ser cessadas, (CETESB, 2007). É importante destacar que, conforme a limpeza é feita, os resíduos gerados diminuem, e o esforço para retirar o que resta deles aumenta (IPIECA-IOGP, 2015c, ITOPF, 2014d).

6.1

BOMBAS, CAMINHÕES A VÁCUO OU RECOLHEDORES

35

Uma opção para ambientes costeiros com águas calmas e de fácil acesso é utilizar bombas e caminhões a vácuo para retirar o óleo. Dependendo da profundidade do local, recolhedores também podem funcionar. O procedimento demanda um local para armazenar os resíduos temporariamente (ITOPF, 2014d). Em regiões de sedimento fino e com declividade baixa, muitas vezes é cavada uma trincheira para acumular o óleo e, em seguida, retirá-lo. Por precaução, é importante utilizar um material adequado para revestir a trincheira e evitar contaminação do substrato (IPIECA-IOGP, 2015c).

6.2

REMOÇÃO MANUAL

Essa técnica utiliza equipamentos simples, como pás, ancinhos, espátulas, rastelos, entre outros, e é recomendada para praias em que o acesso de



máquinas é limitado ou para ambientes mais sensíveis. Caracteriza-se como uma técnica mais lenta e que necessita de muita mão de obra. Mas, em muitos casos, pode ser a mais apropriada, pois gera baixos impactos ambientais (CETESB, 2007, IPIECA-IOGP, 2015c). A recuperação de áreas limpas por esse método é mais rápida, já que o impacto no substrato é baixo (ITOPF, 2014d).

6.3 LAVAGEM POR INUNDAÇÃO

36

Esse tipo de lavagem prevê a utilização de um grande volume de água em baixa pressão para inundar locais contaminados. É usado, principalmente, para retirar o óleo retido em sedimentos ou em regiões mais sensíveis (ITOPF, 2014d). O procedimento consiste em inundar uma área confinada para que o óleo presente no sedimento volte à superfície e, então, seja coletado. Por vezes, materiais absorventes são acoplados para a coleta (Figura 40).

6.4 LAVAGEM POR ARREBENTAÇÃO

Essa técnica utiliza a ação natural das ondas para realizar a limpeza do sedimen-



to contaminado. O procedimento é similar ao da lavagem por inundação. Porém, nesse caso, o sedimento contaminado é movido para a zona de arrebentação (ITOPF, 2014d) e a própria ação das ondas será responsável por redistribuir o sedimento na praia. Durante a lavagem, manchas iridescentes podem surgir na água, evidenciando a presença do óleo (IPIECA-IOGP, 2015c). Esse procedimento intensifica o intemperismo do óleo.

6.5 REVLVIMENTO DO SEDIMENTO

37

Uma vez que a contaminação bruta já foi combatida, a operação de limpeza poderá ser focada em procedimentos para limpar as demais áreas. É comum que o óleo percole e se acumule no sedimento (Figura 41). Para realizar a limpeza, podem ser utilizadas máquinas que revolvam esses sedimentos, trazendo-os de volta à superfície e facilitando o intemperismo (ITOPF, 2014d). É inevitável o impacto na fauna presente no sedimento quando se opta por esse método (CETESB, 2007).

6.6 JATEAMENTO

O jateamento também é um método aplicado após a realização da limpeza bruta. Podendo empregar água ou vapor, essa técnica se baseia



na remoção pela pressão e se aplica aos substratos consolidados, como costões e estruturas artificiais (Figura 38) (CETESB, 2007). O jateamento com água pode ser feito com média e baixa pressão e com águas aquecidas ou em temperatura ambiente. Para recolher o óleo retirado, é necessária a utilização de equipamentos (ITOPF, 2014d). Essa técnica é mais eficaz quando associada a agentes químicos dispersantes. Entretanto, é um método agressivo, pois, além do óleo, há a remoção dos organismos presentes. O jateamento, muitas vezes, é escolhido por questões estéticas, e não ambientais.

6.7

BIORREMEDIAÇÃO

38

A biorremediação consiste em um método que busca estimular a biodegradação natural do ambiente por meio de duas técnicas: a bioadição ou a bioestimulação. Na bioadição, organismos que provocam a biodegradação são adicionados ao meio. Já na bioestimulação, são acrescentados nutrientes ao ambiente, a fim de estimular os organismos ali presentes a realizarem a biodegradação (CETESB, 2007, ITOPF, 2014d). Tais técnicas podem esbarrar na falta de oxigênio no ambiente, o que inviabiliza a biodegradação. No caso do Brasil, a bioadição é proibida, uma vez que pode causar consequências ecológicas aos organismos naturais do ambiente (CETESB, 2007).



6.8

LIMPEZA NATURAL

Este método consiste em deixar que as ações naturais de intemperismo limpem o local contaminado. Trata-se de um processo lento, porém, é o mais indicado quando os outros podem causar mais danos que o próprio óleo (ITOPF, 2014d). É também o mais eficiente em ambientes com alta energia gerada pela ação de ondas, marés e correntes. É comum que a opção por essa técnica seja mal vista pelas comunidades locais e a mídia (CETESB, 2007).

39

6.9

CORTE DA VEGETAÇÃO

Esta técnica é uma opção para evitar o aumento da contaminação. O óleo que atinge a vegetação pode se tornar uma fonte de contaminação, principalmente para animais que habitam o local. Entretanto, a remoção da vegetação é questionável, uma vez que também gera impactos geomorfológicos e à própria fauna. Em cenários específicos em que a vegetação se recupera rapidamente, esse método pode ser uma alternativa viável (CETESB, 2007).



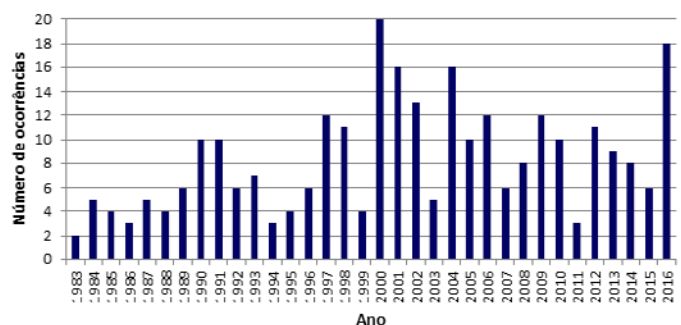
7

HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS

40

Atualmente, a Geopem é o setor do Inea responsável pelo atendimento a eventos de poluição acidental, aqueles com potencial de derramar no ambiente, em um curto espaço de tempo, uma considerável massa poluidora. Apesar de ter sido criada em 2015, a Geopem tem sua origem no Serviço de Poluição Acidental (SPA), que começou a funcionar em 1983, na Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema). A organização e o esforço do corpo administrativo permitiram à Geopem criar um acervo com registros dos acidentes ambientais ocorridos no Estado do Rio de Janeiro. O histórico de vazamentos de óleo descrito a seguir é baseado nas informações retiradas dos relatórios de atendimento armazenados no acervo

Figura 14: Perfil de ocorrência de acidentes na Baía de Guanabara entre os anos de 1983 e 2016
Fonte: Geopem



da Geopem. Foram levados em consideração todos os relatórios de vistoria arquivados no órgão ambiental entre 1983 e 2016 e que estiveram relacionados a emergências com potencial impacto sobre o ecossistema da Baía de Guanabara. Considerando que os relatórios encontravam-se armazenados em meio físico, que o setor não dispõe de um banco de dados digital para a geração de dados estatísticos e que, ao longo dos anos, diferentes métodos foram adotados para relatar as ocorrências, dificultando a geração de uma base homogênea, o diagnóstico aqui proposto será analisado sob dois enfoques: o do panorama geral e o da série detalhada.

Para o panorama geral, a seleção feita pelos técnicos da Geopem baseou-se na análise da descrição sumária dos eventos ocorridos no espelho d'água da Baía. Para cobrir o intervalo de tempo total mencionado, foi feita uma análise abrangente, com os objetivos de traçar o perfil das ocorrências ao longo dos anos, de contabilizar os casos nos quais não foi possível identificar o agente poluidor do vazamento e de identificar a natureza dos produtos vazados. A mancha de óleo de origem não identificada será tratada aqui como “mancha órfã”, terminologia comumente utilizada pela Geopem.

Os dados referentes ao período 2011-2016 foram submetidos a uma análise mais detalhada, que será descrita no tópico Análise das Ocorrências no Período Recente (2011-2016). Nesse caso, as informações contidas nos relatórios foram processadas a fim de identificar o produto vazado, a origem, as dimensões e a coloração da mancha formada. Além disso, foram investigadas as ações de combate à poluição e a geolocalização das ocorrências.

Vale destacar que, durante os Jogos Olímpicos e Paralímpicos de 2016, no Rio de Janeiro, a então Secretaria de Estado do Ambiente (SEA) estabeleceu um plano especial de monitoramento e combate a manchas de óleo. A complexa estrutura foi montada em uma ação conjunta entre o Inea e empresas integrantes do Plano de Áreas da Baía de Guanabara (PABG). A operação contou com sobrevoos diários, embarcações contratadas pelo Inea – os ecobarco – e com recursos cedidos pelos colaboradores do PABG. Devido à essa estrutura de combate e monitoramento, o registro de manchas de óleo demonstrou uma grande discrepância em relação à série histórica. Neste sentido, no presente trabalho, o “período olímpico” será abordado em um tópico à parte.

Entre 1983 e 2016, o Inea registrou, na região da Baía de Guanabara, 285 ocorrências de vazamento de óleo no mar. Em média, são oito registros por ano (desvio padrão $\sigma = 4,5$) (Anexo II). Entretanto, observando a Figura 14, é possível perceber que não há um padrão no número de ocorrências, o que dificulta o estabelecimento de uma tendência futura.



Importante salientar que o número de ocorrências registradas está intimamente relacionado ao de denúncias ou reclamações recebidas pelo Inea. A região estudada não possui dispositivos de monitoramento capazes de delimitar o número real de ocorrências. Os registros, portanto, ilustram o perfil das incidências reportadas no período estudado.

Os anos de 2000 e de 2016 chamam a atenção devido ao pico de ocorrências registradas na comparação com os demais anos. Foram 20 e 18, respectivamente. No ano de 2000, o número elevado de ocorrências pode ter relação com o acidente na Baía de Guanabara envolvendo a Petrobras. Em decorrência desse acidente, foi sancionada a “Lei do Óleo” (Lei Federal nº 9.966, de 2000), que estabeleceu punições mais severas para acidentes ambientais envolvendo esse tipo de material. Já em relação ao ano de 2016, provavelmente, as denúncias foram resultado da maior visibilidade que a Baía de Guanabara ganhou com a realização dos Jogos Olímpicos.

Como dito anteriormente, também buscou-se investigar a origem do vazamento de óleo denunciado. As ocorrências foram divididas entre aquelas nas quais o vazamento de óleo teve a origem identificada e as que envolviam manchas órfãs. Aproximadamente 58% dos registros se referem a manchas de origem identificada e 42%, a manchas órfãs (Figura 15).

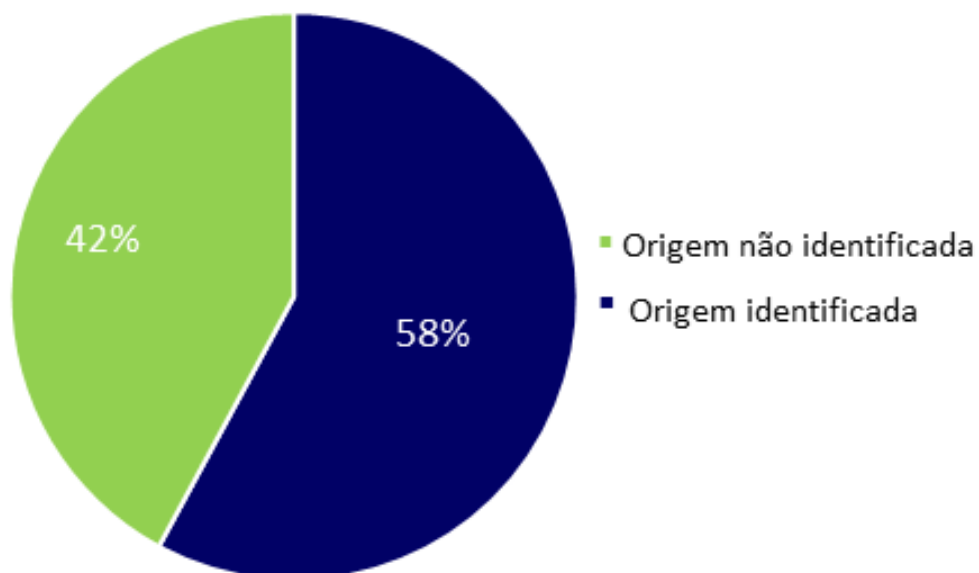


Figura 15: Origem do vazamento denunciado para a Baía de Guanabara entre os anos de 1983 e 2016
Fonte: Geopem



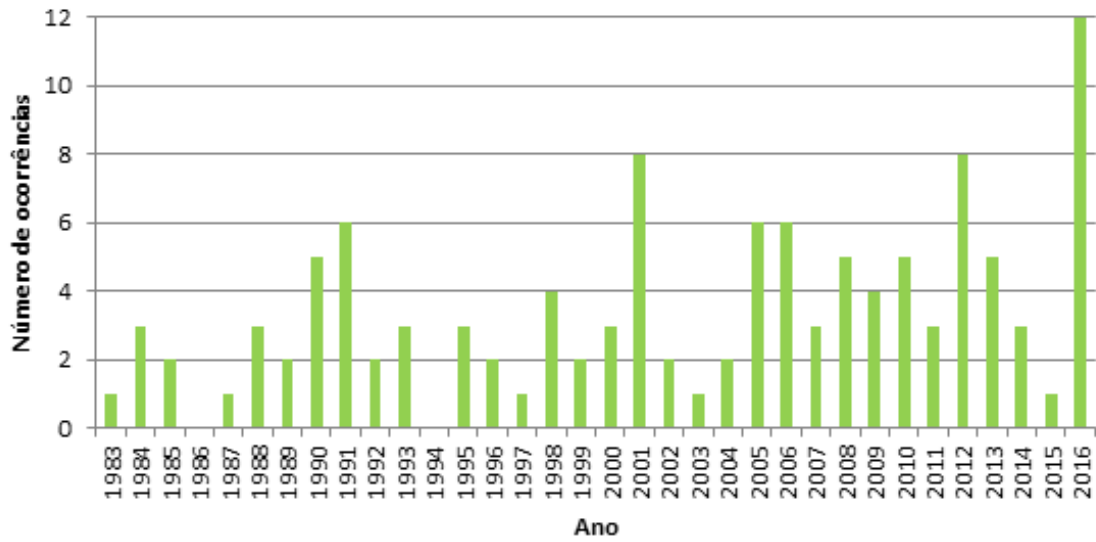


Figura 16: Perfil de ocorrência de manchas órfãs na Baía de Guanabara entre os anos de 1983 e 2016
Fonte: Geopem

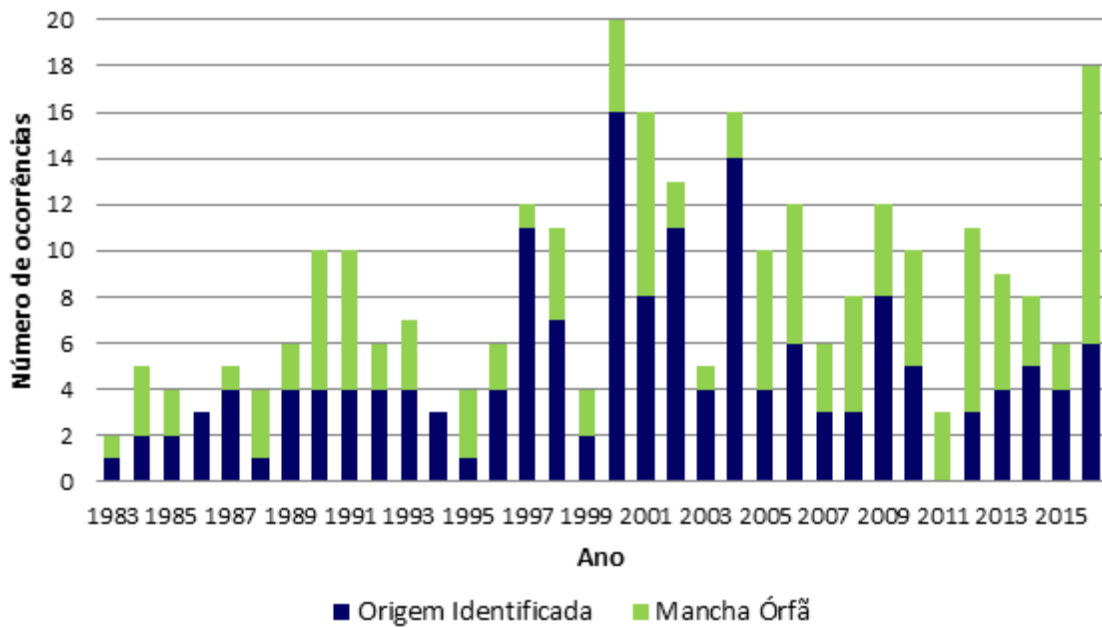


Figura 17: Perfil comparativo da origem do vazamento de óleo na Baía de Guanabara entre os anos de 1983 e 2016
Fonte: Geopem



A distribuição anual das manchas órfãs na Baía de Guanabara também não apresenta um padrão de tendência estabelecido (Figura 16). Em média, são quatro manchas órfãs por ano (desvio padrão $\sigma = 2,6$). É possível dizer que, entre 2003 e 2012, houve uma tendência de crescimento. Em seguida, até 2015, houve um decréscimo gradual. Em 2016, é identificado um novo pico, tanto de manchas órfãs como no registro de ocorrências, em geral. Olhando o perfil comparativo entre as manchas de origem identificada e não identificada (Figura 17), não é possível constatar nenhuma relação clara. Entretanto, destaca-se o ano de 2011, no qual todas as denúncias foram de manchas órfãs – três, no total. Já nos anos de 1986 e 1994, ocorreu o oposto: todas as manchas denunciadas tiveram a origem identificada. No total, foram três denúncias para cada ano.

Por fim, em relação à natureza do produto, 97% das denúncias envolvem produtos oleosos e apenas 2%, produtos não oleosos. Ao todo, foram sete acidentes com produtos não oleosos, como espumas, pesticidas, ácido acrílico, resíduo de mineração, gordura formada por efluente sanitário ou outras fontes que não hidrocarbonetos, entre outros. Além disso, em 1% dos casos, a descrição da ocorrência não determina a natureza do produto.

44

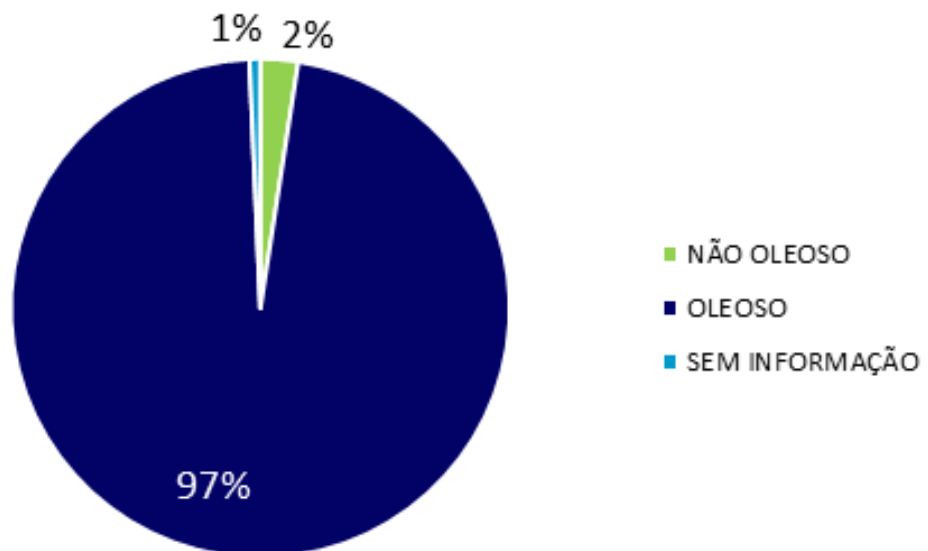


Figura 18: Natureza do produto descrito no registro de acidentes na Baía de Guanabara entre os anos de 1983 e 2016

Fonte: Geopem



- 8 -

ACIDENTES EMBLEMÁTICOS

45

No histórico apresentado, todas as ocorrências são computadas igualmente. Entretanto, alguns acidentes com vazamento de óleo no Estado do Rio de Janeiro, como os descritos a seguir, ganharam repercussão até mesmo em nível nacional.

8.1 REDUC, 2000

Na madrugada de 18 de janeiro de 2000, o duto PE-II da Petrobras, pelo qual o óleo combustível da Refinaria de Duque de Caxias (Reduc) era transportado à Ilha d'Água, sofreu uma ruptura que ocasionou o vazamento de aproximada-



mente 1,3 milhão de litros de óleo diretamente na Baía de Guanabara (Figura 19). Uma área total de aproximadamente 135 km² foi atingida, segundo Kappel e Amaral (2001) (Figura 21). Sem dúvidas, esse é o acidente ambiental mais marcante na história do Rio de Janeiro, não só pelas proporções catastróficas, mas também por sua ampla repercussão nacional.

Aproximadamente três horas após o acidente, a informação do ocorrido chegou ao Serviço de Controle de Poluição Acidental (SCPA) da Feema, na época, responsável pelas emergências ambientais no Estado do Rio de Janeiro. Os informes preliminares indicavam que o vazamento de óleo combustível (MF 380) tinha iniciado às 5h, se estendeu por aproximadamente vinte minutos e foi ocasionado por uma anomalia no duto. Enquanto o SCPA se mobilizava para suas primeiras ações, já era estimado que o evento tomaria grandes proporções. Por conta disso, o Plano de Emergência da Baía de Guanabara (PEBG) foi acionado.

Um dos técnicos do SCPA, ao chegar ao local, constatou que o grande volume de óleo vazado dificultava, inclusive, a movimentação da embarcação da Defesa Civil na região. As medidas de resposta já estavam sendo tomadas e o PEBG estava atuante. O óleo estava sendo recolhido pela embarcação *Egmopol*, da Petrobras, enquanto lances de barreiras da Exxon, Shell e Solutec eram usados para tentar contê-lo.

Em menos de 24 horas, as águas e areias das praias do Limão, Mauá, Anil e São Francisco – situadas no fundo da Baía de Guanabara – ficaram negras por causa do óleo. A informação oficial divulgada pela Petrobras e veiculada pela imprensa apontava que volume de óleo vazado na Baía estaria na casa dos 500 mil litros. Porém, o SCPA estimou um volume, pelo menos, três vezes maior. Mais tarde, a Petrobras retificou o volume vazado para 1.292.000 litros.

A evolução do quadro foi acompanhada por meio de sobrevoos realizados pelos técnicos do SCPA. A quantidade de barreiras e embarcações utilizadas foi insuficiente. Em poucas horas, a camada de óleo já se estendia sobre uma área estimada de 40 km². Devido às características oceanográficas, o óleo se concentrou na parte costeira do fundo da Baía de Guanabara. Grandes e densas manchas de óleo também se formaram nas Ilhas de Brocoió, em Paquetá (Figura 22), e em outros pontos da Baía.

Um grande receio do SCPA era que o óleo atingisse a Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, o que ameaçaria milhares de caranguejos, aves e árvores. Em reunião com os dirigentes da Dutos e Terminais do Sudeste (DTSE), com o presidente da Feema e com a equipe do SCPA, a principal orientação dos técnicos do Serviço foi para que fossem instaladas barreiras de contenção na desembocadura do Rio Suruí. Entretanto, a Petrobras direcionou todas as barreiras disponí-



veis para os canais dos manguezais próximos à Reduc, ignorando a recomendação da Feema.

Em 20 de janeiro, uma ave mergulhão completamente coberta de óleo, agonizando na Praia de Mauá, ilustrou a capa do jornal *O Globo* (Figura 20), naquela que se tornou a imagem mais chocante do acidente. Os jornais intitularam a tragédia de “Maré Negra”. Nesse mesmo dia, a Petrobras, ao ignorar as orientações dos técnicos do SCPA, ampliou o alcance da tragédia, permitindo que a mancha de óleo chegasse à Área de Proteção Ambiental de Guapimirim.

O episódio mobilizou não só os técnicos do SCPA, mas também de diversos outros setores da Feema, que acompanharam as ações de resgate de animais e de limpeza de praias, entre outras. O SCPA monitorou as ações por mais 23 dias, fiscalizando as praias de Magé e Paquetá para verificar a remoção do óleo das areias, a existência de óleo na água e a limpeza das pedras.

Não há consenso em relação às causas reais do acidente, mas é fato que uma sequência de erros potencializou as consequências. Alguns atribuem o vazamento a uma corrosão no duto, mas estudos posteriores sugerem que um erro de projeto ocasionou a ruptura do PE-II.

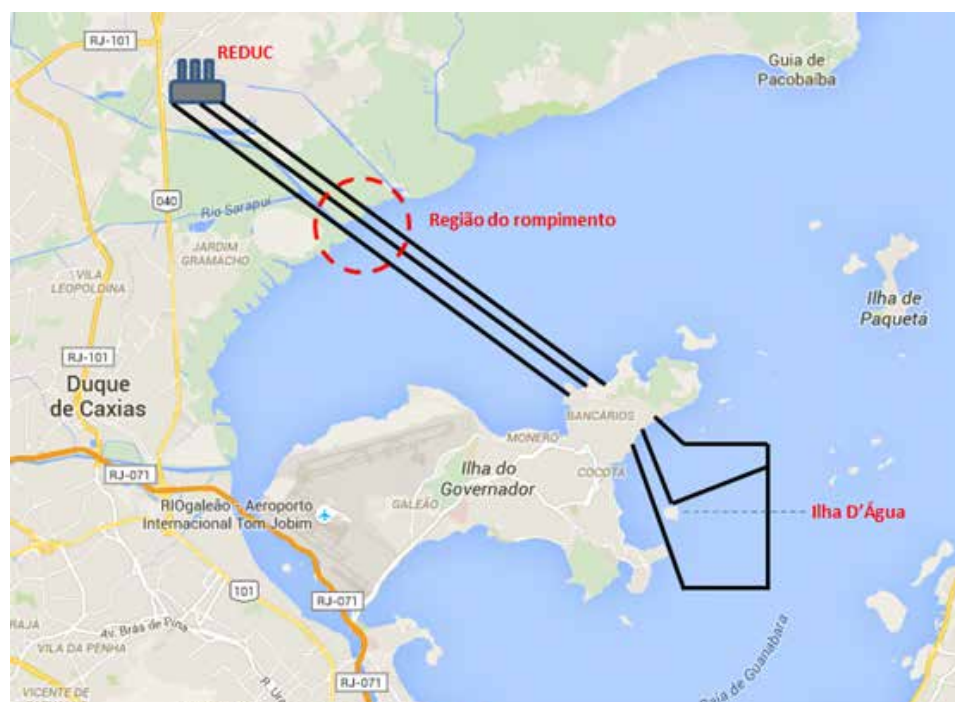


Figura 19 : Ilustração esquemática do local onde ocorreu o rompimento do duto da Petrobras
Fonte: Geopem



Entre os impactos ambientais causados, destacam-se os danos às florestas de mangue, onde ocorrem diversas espécies. Os caranguejos, por exemplo, que habitam o substrato lamoso do mangue, foram severamente afetados. Por causa da magnitude do acidente, o tempo de recuperação dos ecossistemas atingidos estava estimado em uma década. Inúmeros animais morreram, vegetações foram completamente perdidas e pescadores ficaram meses sem poder pescar, o que estendeu os impactos da tragédia ao campo social. Até hoje, grupos de pescadores lutam na Justiça por indenização.

Figura 20: Capa do jornal *O Globo* em 20 de janeiro de 2000
Fonte: Reprodução



Figura 21: Mancha estimada para o dia 19 de janeiro de 2000. Área calculada a partir de imagens de satélites foi de 133,45 km²
Fonte: Kampel e Amaral (2001)





Figura 22: Costão em Paquetá marcado pela presença do óleo
Fonte: Michel (2000)

49



Figura 23: Limpeza de área atingida por óleo no Rio Suruí
Fonte: Michel (2000)





Figura 24: Árvores de mangue cobertas por óleo perto do local da ruptura do duto PE-II da Petrobras
Fonte: Michel (2000)



Figura 25: Árvores de mangue contaminadas por óleo
Fonte: Banco de imagens Cetesb



Figura 26: Limpeza de costão pela técnica de jateamento com água
Fonte: Banco de imagens Cetesb



51



Figura 27: Armadilha utilizada por pescadores locais contaminada por óleo
Fonte: Banco de imagens Cetesb





Figura 28: Placa sinalizando área contaminada por óleo e proibindo a cata de caranguejo

Fonte: Banco de imagens Cetesb

8.2

SAGA MASCOT, 2005

O acidente envolvendo o navio *Saga Mascot* ocorreu no dia 3 de setembro de 2005. A princípio, o comandante da embarcação informou que o vazamento havia sido de cerca de 2 mil litros de óleo combustível MF-380 (Bunker). O vazamento foi resultado da perfuração do casco da embarcação durante a manobra de docagem no Dique Almirante Guilhem, de propriedade da Empresa Brasileira de Reparos Navais (Enave). Segundo a Enave, o acidente ocorreu



entre meia-noite e 1h, mas a empresa não acionou o SCPA. O conjunto de empresas Amigos da Baía foi quem fez a comunicação, informando que, por volta de 1h30, havia encontrado uma mancha de óleo na água.

O Plano de Emergência da Baía de Guanabara foi acionado. Contudo, nove horas após o acidente, a Enave ainda não havia dado nenhuma resposta ao ocorrido. Diante desse cenário, um dos técnicos do SCPA assumiu a coordenação geral da operação, iniciando o combate ao vazamento. Logo no primeiro sobrevoo, realizado 12 horas após o acidente, observou-se que a mancha de óleo já se estendia até Icaraí, em Niterói. Como o óleo atingia as areias de algumas praias da cidade, iniciou-se a descontaminação delas.

A operação de emergência se estendeu por 14 dias, no total, e o óleo vazado percorreu aproximadamente 14 km, do estaleiro da Enave até a chamada Boca da Barra. As praias Travessia das Barcas, Gragoatá, Boa Viagem, Flechas, Icaraí, Adão, Eva e Forte Barão do Rio Branco tiveram que ser interditadas pela Defesa Civil de Niterói, devido ao cheiro de óleo. Todas elas passaram por um processo de descontaminação, no qual a areia atingida pelo óleo foi retirada, e os costões, jateados com água do mar. Além disso, também foi utilizada a técnica de lavagem por inundação para tentar retirar o óleo que havia percolado a areia.

A operação mobilizou 150 pessoas, além de toda a equipe do SCPA. No total, foram utilizadas 18 embarcações, 1.000 m de barreiras de contenção, 8.000 m de barreiras absorventes e 2 mil mantas absorventes. Os resíduos totalizaram cerca de 1.000 m³, incluindo a areia contaminada com óleo, o que indica que o vazamento foi maior do que o inicialmente relatado pelo comandante do navio. Posteriormente, a Polícia Federal estimou que o vazamento chegou a 14 mil litros de óleo.



Figura 29: Navio *Saga Mascot*, que durante manobra de docagem teve o casco perfurado ao tentar atracar no cais

Fonte: Geopem



Figura 30: Rasgo no navio *Saga Mascot* que provocou o vazamento de 14 mil litros de óleo na Baía de Guanabara
Fonte: Geopem



Figura 31: Regiões atingidas pelo óleo que vazou do petroleiro *Saga Mascot*
Fonte: Geopem



Figura 32: Posto de Comando instalado na Praia de Icaraí à época do acidente com o petroleiro *Saga Mascot*
Fonte: Geopem





Figura 33: Dispersão mecânica de óleo com uso de embarcações

Fonte: Geopem

55

Figura 34: Conjunto de embarcações, em formação de 'U', durante arrasto com barreira absorvente

Fonte: Geopem



Figura 35: Óleo no costão da Fortaleza de Santa Cruz, em Niterói

Fonte: Geopem



Figura 36: Manchas de óleo nas águas das praias de Boa Viagem, Flechas e Icaraí, em Niterói
Fonte: Geopem



Figura 37: Operação para retirada de óleo na areia da Praia de Icaraí, em Niterói
Fonte: Geopem



56

Figura 38: Jateamento com água do mar à temperatura ambiente e baixa pressão no muro de arrimo e pedras próximo ao Museu de Arte Contemporânea de Niterói
Fonte: Geopem



Figura 39: Operação de jateamento perto do Museu de Arte Contemporânea de Niterói
Fonte: Geopem



57



Figura 40: Operação de limpeza por inundação para retirada de óleo que percolou areia da praia
Fonte: Geopem



Figura 41: Detalhe do óleo que percolou areia da praia, formando uma camada de cerca de 5 cm
Fonte: Geopem



8.3

TEBIG, 2015

Embora não tenha ocorrido na Baía de Guanabara, esse evento merece destaque porque é o acidente de grandes proporções mais recente registrado no Estado do Rio de Janeiro envolvendo vazamento de óleo, e, também, o maior registrado na Baía da Ilha Grande e de Sepetiba. Neste contexto, é feita, a seguir, uma breve descrição da sequência dos acontecimentos.

Em 16 de março de 2015, no Terminal Aquaviário de Angra dos Reis (TAAR), antigo Terminal da Baía da Ilha Grande (TEBIG), houve o vazamento de resíduo oleoso do tanque de lastro do navio-tanque *Navion Gothenburg*, que, para manter a estabilidade durante uma operação de transferência de petróleo cru para o navio-tanque *Buena Suerte*, realizava manobra interna de lastreamento – operação de carregamento ou descarga de água do mar para equilibrar o navio. Estima-se que 852 litros de óleo tenham vazado e que esse volume, além de atingir uma área de 450 km² na Baía da Ilha Grande e na Baía de Sepetiba, tenha contaminado 4% do território da Área de Proteção Ambiental de Tamoios (APA Tamoios), administrada pelo Inea.

A situação de emergência se estendeu por sete dias, e as operações tiveram o apoio de 72 embarcações equipadas com barreiras de contenção, barreiras absorventes e equipamentos de recolhimento mecânico. Também foram realizados sobrevoos de helicóptero para avaliar a abrangência da mancha de óleo e estabelecer os procedimentos de combate. Como o óleo atingiu os costões rochosos das Baías da Ilha Grande e Sepetiba, foi aplicada a técnica de hidrojateamento à baixa pressão e à temperatura ambiente, a fim de realizar a limpeza, que se estendeu por 69 dias, e minimizar os danos ambientais. Os locais mais atingidos foram: Costão dos Macieis, Ponta do Gambelo, Ilha do Arrependido, costão próximo à Praia do Leme, Praia do Leste, Enseada do Portinho e o entorno da Ilha Guaíba. As mudanças diárias das condições de tempo e da direção das correntes marinhas superficiais foram umas das maiores dificuldades nas ações de resposta à emergência.

Os impactos do acidente foram diversos. O óleo que atingiu o espelho d'água afetou diretamente as comunidades planctônicas e nectônicas. A comunidade de botos-cinza (*Sotalia guianensis*), que faz parte da lista oficial de espécies em ex-



tinção, foi uma das mais prejudicadas. As espécies bentônicas também foram severamente afetadas, pois o resíduo atingiu a faixa litorânea formada por costões rochosos e praias arenosas. Além de atingir a APA Tamoios, o acidente causou impactos à Estação Ecológica (ESEC) Tamoios, à APA de Mangaratiba, à pesca, à recreação e a propriedades particulares. Devido às proporções do impacto ambiental, a multa recebida pela Transpetro foi de R\$ 2,38 milhões.

59

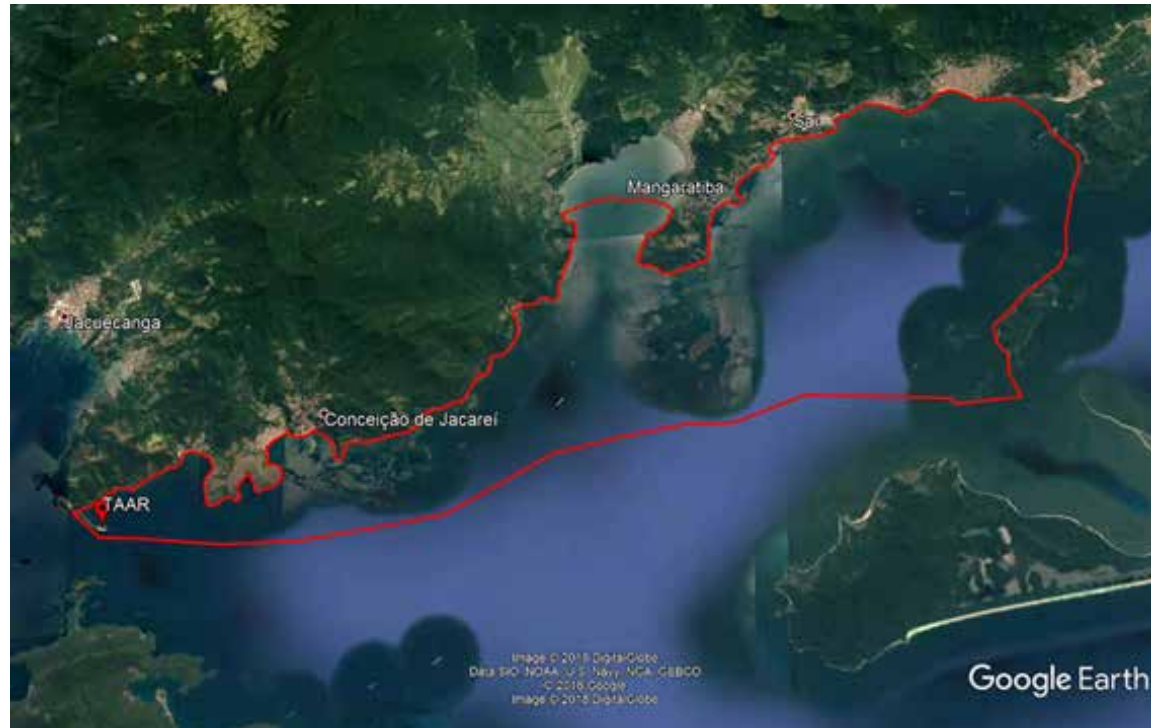


Figura 42: Visão geral da área impactada pelo óleo que vazou do navio-tanque *Navion Gothenburg*
Fonte: Geopem



Figura 43: Navios-tanque *Navion Gothenburg* e *Buena Suerte*, envolvidos no acidente ocorrido no antigo Terminal da Baía da Ilha Grande. Barreiras dispostas ao redor das embarcações ajudaram a conter o vazamento de óleo
Fonte: Geopem





Figura 44: Detalhe do óleo retido nas barreiras de contenção e nas barreiras de absorção, no dia 16 de março de 2015

Fonte: Geopem



Figura 45: Mancha de óleo interagindo com a costa em 17 de março de 2015, dia seguinte ao acidente na região de Sepetiba e da Ilha Grande

Fonte: Geopem



Figura 46: Recolhedor utilizado no combate ao óleo para montar cerco com barreiras de contenção no dia 16 de março de 2015

Fonte: Geopem



Figura 47: Situação da extensão da mancha de óleo próxima à área residencial no dia 18 de março de 2015
Fonte: Geopem



Figura 48: Situação da extensão da mancha de óleo próxima à costa no dia 18 de março de 2015
Fonte: Geopem



Figura 49: Embarcações de apoio montando cerco de barreias de contenção no dia 19 de março de 2015
Fonte: Geopem





Figura 50: Situação da extensão da mancha de óleo próxima à costa no dia 19 de março de 2015. Na parte inferior esquerda, uma barreira de contenção tenta evitar que o óleo atinja a costa
Fonte: Geopem



- 9 -

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS NO PERÍODO RECENTE (2011 – 2016)

63

No período entre 2011 e 2016, houve um registro mais detalhado das ocorrências, o que permitiu uma análise envolvendo mais parâmetros. Além da abordagem apresentada para a série histórica, buscou-se identificar o produto ou resíduo envolvido, as dimensões da mancha, as ações empregadas no combate à poluição e a geolocalização da ocorrência.

No período citado, foram registradas, no total, 55 ocorrências, uma média de nove ocorrências por ano (desvio padrão $\sigma = 5,1$) (Figura 51), o que demonstra um aumento em relação à série histórica. Também como já foi mencionado, o recorde de denúncias registrado durante o ano de 2016 provavelmente é resultado da especial atenção dada à cidade do Rio de Janeiro por ocasião dos Jogos Olímpicos.

No que se refere às manchas órfãs, o período apresenta resultado equivalente ao da série histórica completa, no qual 58% dos casos envolveram manchas órfãs e 40% tiveram origem identificada (para os 2% restantes, não havia informação). Em relação à natureza do produto, a proporção também se mostrou semelhante à da série histórica (Figura 18 e Figura 52a). Entretanto, na série detalhada, é possível avaliar o tipo de produto vazado, como demonstra a Figura 52b, na qual, contudo, não há especificação



de produtos para 58% das ocorrências. Entre os produtos identificados, o diesel é o mais representativo, pois aparece associado a 25% dos eventos.

As informações sobre o volume e a área da mancha de óleo não constam em todos os relatórios de vistoria. Em grande parte dos eventos, não foi possível estimar a dimensão dos vazamentos, em virtude da impossibilidade de realização de sobrevoos, entre outras dificuldades. Dessa forma, apenas 13 documentos, ou 24% dos registros, apresentam dados sobre a área da mancha, e 11, ou 20% das anotações, apresentam a estimativa do volume vazado.

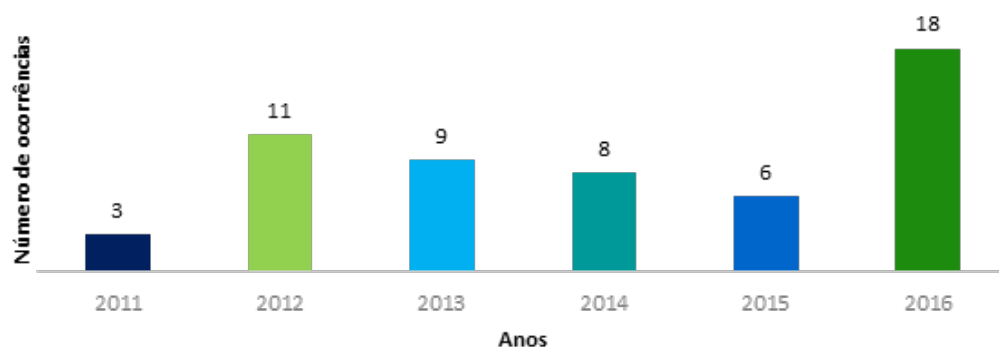


Figura 51: Perfil de ocorrência de acidentes na Baía de Guanabara entre os anos de 2011 e 2016
Fonte: Geopem

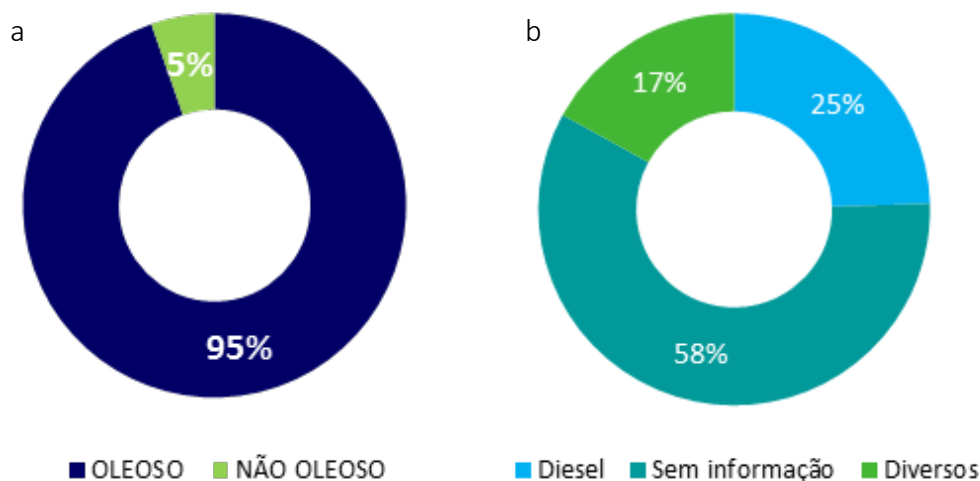


Figura 52: Registro de ocorrências na Baía de Guanabara entre os anos de 2011 e 2016. À esquerda, indicação da natureza do produto. À direita, indicação do tipo de produto de natureza oleosa
Fonte: Geopem



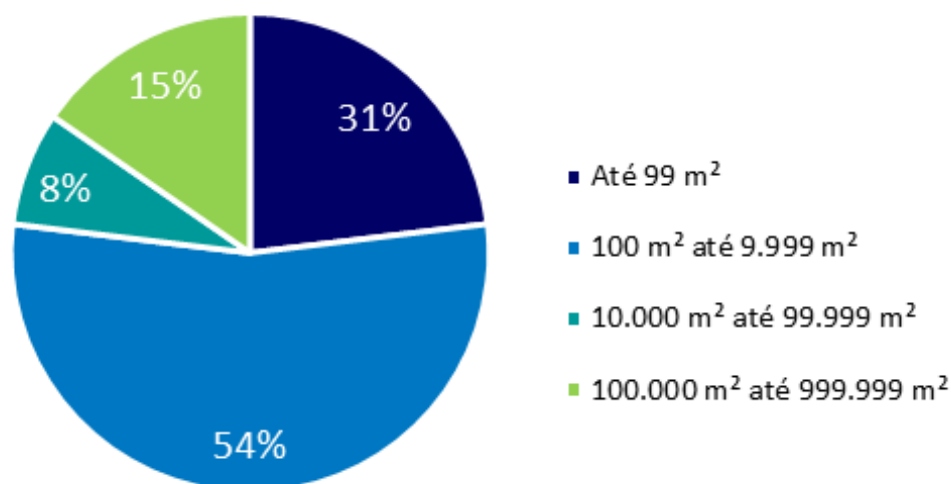


Figura 53: Proporção da área das manchas de óleo (em m²) dos eventos nos quais foi registrada essa informação. Dados referentes ao registro de ocorrências na Baía de Guanabara, entre os anos de 2011 e 2016

Fonte: Geopem

65

Entre as ocorrências em que a área do vazamento foi identificada, observou-se o comportamento ilustrado na Figura 53. A maior mancha atingiu uma área de 207.500 m², enquanto a menor foi de 4 m², e o tamanho médio, de 31.256 m². Em sete (54%) das ocorrências, a área atingida pelo vazamento de óleo variou entre 100 m² e 9.999 m². As manchas com até 99 m² corresponderam a três (31%) registros. Juntas, as duas categorias representam quase 85% das ocorrências.

A estimativa de volume foi uma informação mais escassa do que a de área da mancha, como dito anteriormente. O maior volume registrado foi de 200L, o menor, de 1L, e o volume médio, de 41,5L. No total, o volume vazado durante o período foi de 457L. Os registros indicam que 36% das manchas estiveram associadas a quatro ocorrências e apresentaram volume de até 9L. O volume de 55% das manchas, no entanto, variou entre 10L e 99L, derramados em seis ocorrências. Em um dos vazamentos, no qual foram registradas 9% das manchas, o volume do óleo foi superior a 100L (Figura 54). Observando-se os dados, e com a ajuda de ferramentas desenvolvidas pela Geopem, foi possível estimar o volume derramado em cinco ocorrências em que a área e a coloração das manchas foram informadas. Com base nessa informação, chegou-se a um total de 16 registros sobre o volume de óleo vazado. A proporção entre as categorias de volume não apresenta grande alteração, como demonstra a Figura 55.



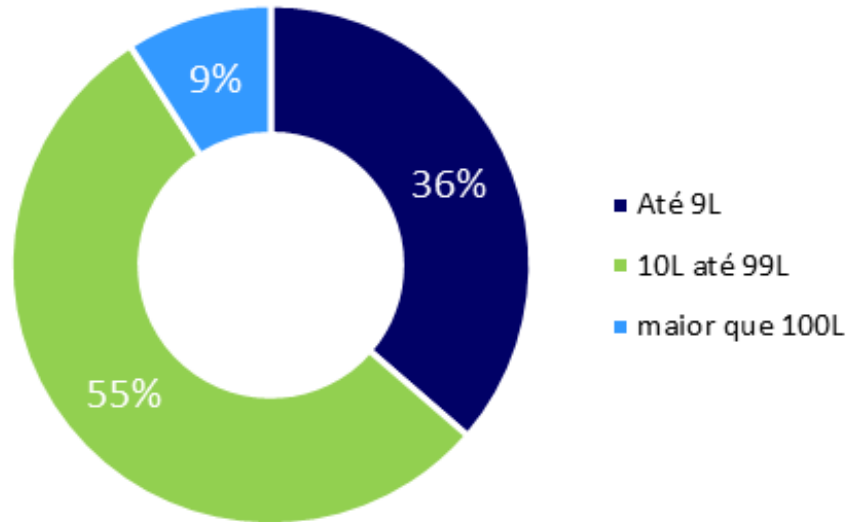


Figura 54: Proporção do volume manchas de óleo (em L) dos eventos nos quais foi registrada essa informação. Dados referentes ao registro de ocorrências na Baía de Guanabara, entre os anos de 2011 e 2016

Fonte: Geopem

66

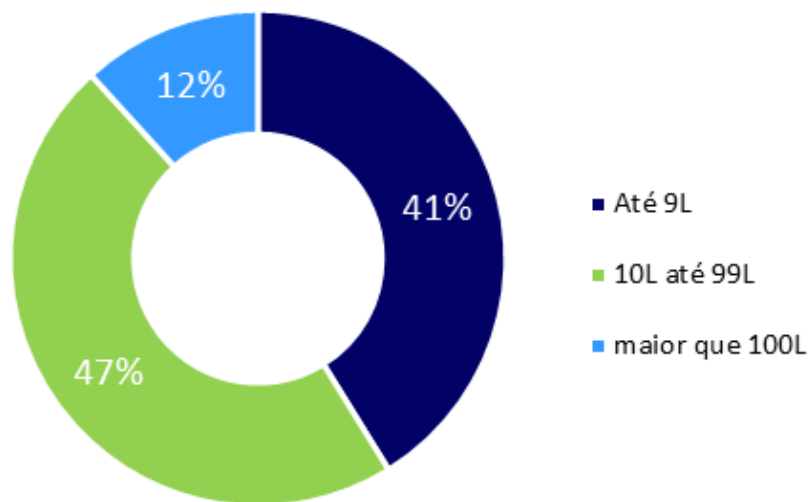


Figura 55: Proporção do volume das manchas de óleo (em L) associadas tanto aos eventos nos quais foi registrada essa informação, como àqueles cuja estimativa foi realizada posteriormente, a partir de informações sobre a área e a coloração da mancha. Dados referentes ao registro de ocorrências na Baía de Guanabara, entre os anos de 2011 e 2016

Fonte: Geopem



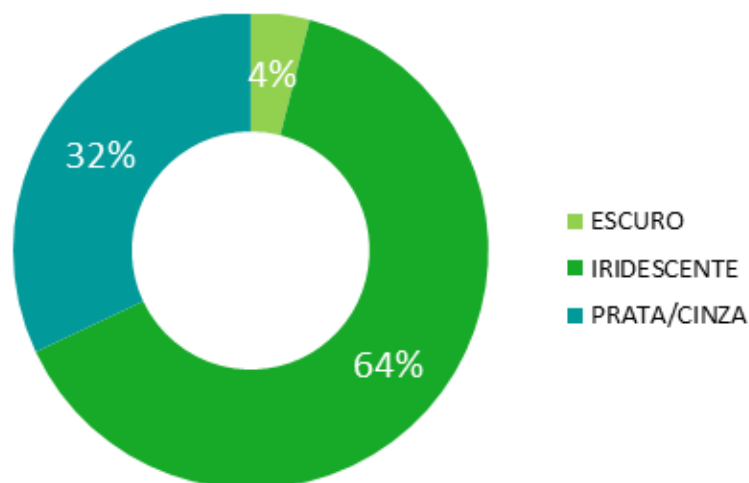


Figura 56: Coloração das manchas de óleo dos eventos nos quais foi registrada essa informação. Dados referentes ao registro de ocorrências na Baía de Guanabara, entre os anos de 2011 e 2016
Fonte: Geopem

De acordo com o levantamento da Geopem, 53% dos relatórios não apresentam informação sobre a coloração da mancha. Os registros nos quais a coloração é identificada foram utilizados para elaborar o gráfico da Figura 56, no qual é possível observar que mais da metade das manchas (64%) é de coloração iridescente. A coloração prata/cinza representa 32% dos registros, ao passo que, em 4% das ocorrências, a mancha encontrada era de cor escura. Os resultados são condizentes com os apresentados anteriormente, uma vez que as cores iridescentes e prata/cinza representam manchas com menor espessura e, com isso, menor volume associado.

Também buscou-se saber se o vazamento foi combatido e qual foi o método utilizado na resposta aos acidentes. Como metodologia de cálculo, foi considerado que, uma vez aplicada uma técnica de resposta, o dano foi combatido. Sendo assim, 75% dos danos foram combatidos. Para reagir aos acidentes ocorridos na Baía de Guanabara, foram utilizadas, em geral, quatro tipos de técnicas de combate às manchas de óleo: dispersão mecânica, barreiras ou mantas de absorção, recolhimento e barreiras de contenção.

A dispersão mecânica e as barreiras e mantas de absorção costumam ser empregadas nos casos em que a mancha de óleo apresenta coloração iridescente. O uso das barreiras de contenção, por sua vez, é um método de combate aplicado em associação a outro, uma vez que, como o próprio nome indica, tem o intuito de conter a mancha. O recolhimento é utilizado nos casos em que o óleo apresenta coloração metálica ou marrom/pre-



ta, pois essas cores indicam grande quantidade de óleo, que não poderia ser eficientemente combatidas pelos demais métodos.

A partir do levantamento dos casos em que as ações de combate supracitadas foram utilizadas, verifica-se que a dispersão mecânica é o método mais utilizado, citado em 36% das ocorrências. As barreiras de contenção foram aplicadas em 26% dos casos, as de absorção, em 18%, e o recolhimento, em 20%.

Por fim, buscou-se identificar os locais com maior ocorrência de manchas de óleo. No total, 45 relatórios, abrangendo cerca de 80% dos registros, apresentaram coordenadas geográficas. Essa informação foi utilizada na elaboração de um mapa de ocorrência (Figura 58) e de um mapa de densidade (*heat map*) (Figura 59), criados através da ferramenta Google Fusion Tables. A região mais crítica ilustrada no mapa é a área portuária de Niterói. Provavelmente, isso se deve ao fato de haver uma grande quantidade de empresas localizadas naquela área. Na margem do Rio de Janeiro, os destaques são a região portuária, a Marina da Glória, a Enseada de Botafogo e a área interna da Ilha do Governador. Importante observar que o mapa mostra que há poucas ocorrências nas regiões centrais da Baía de Guanabara, indicando que as margens, principalmente aquelas com atividades portuárias, são os locais que merecem receber mais atenção.

Foram elaborados, também, mapas de calor para as manchas de origem identificada (Figura 60) e para as manchas órfãs (Figura 61). Os dois mapas indicam uma distribuição similar à do mapa geral. Entretanto, as manchas de origem identificada aparecem em duas regiões bem marcadas: a do Porto do Rio e a do Porto de Niterói. As manchas órfãs apresentam uma distribuição menos uniforme, embora a Enseada de Botafogo, a Marina da Glória e a Ilha do Governador se destaquem como áreas de maior concentração.

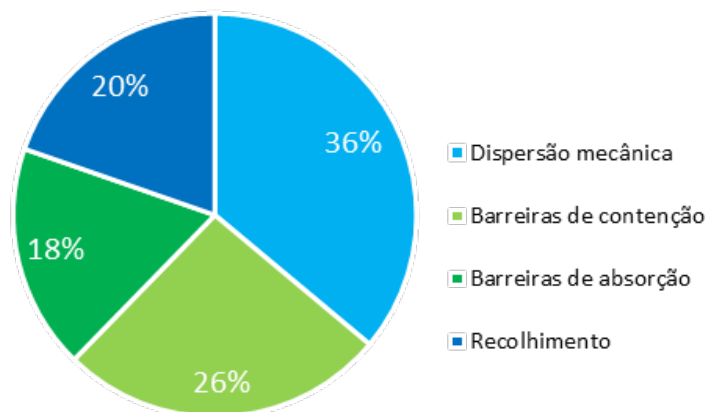
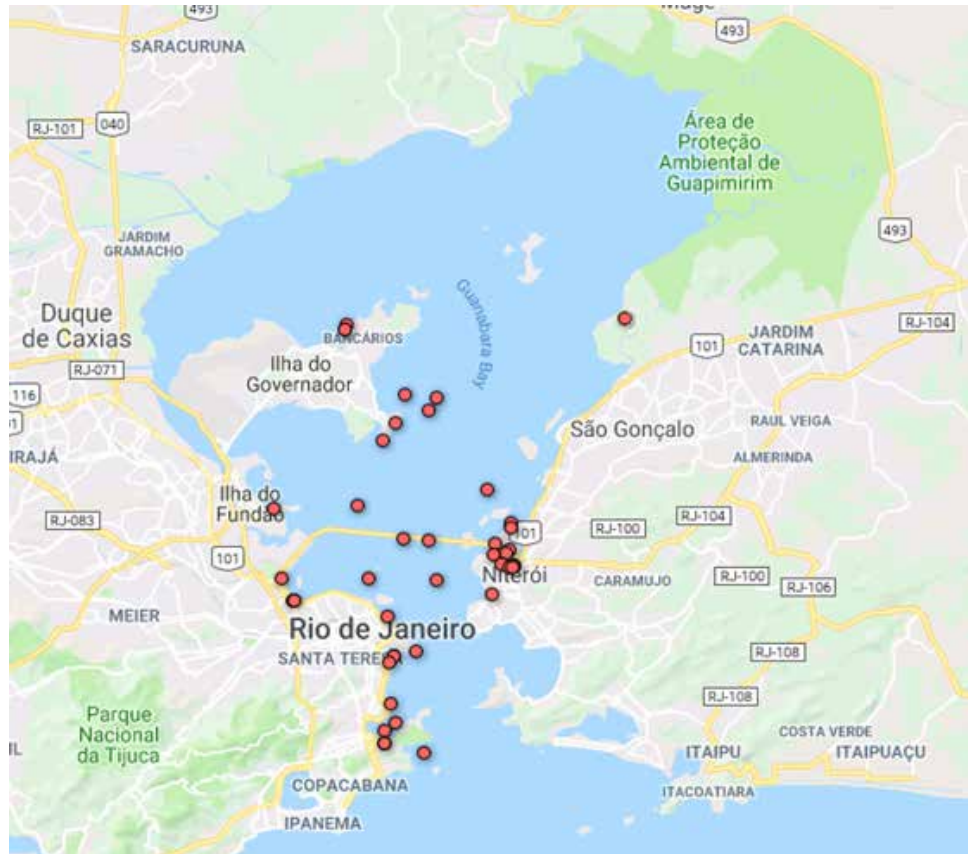


Figura 57: Ações de combate aplicadas. Dados referentes ao registro de ocorrências na Baía de Guanabara, entre os anos de 2011 e 2016

Fonte: Geopem





69

Figura 58: Mapa de ocorrências de vazamento de óleo na Baía de Guanabara, entre os anos de 2011 e 2016
Fonte: Geopem

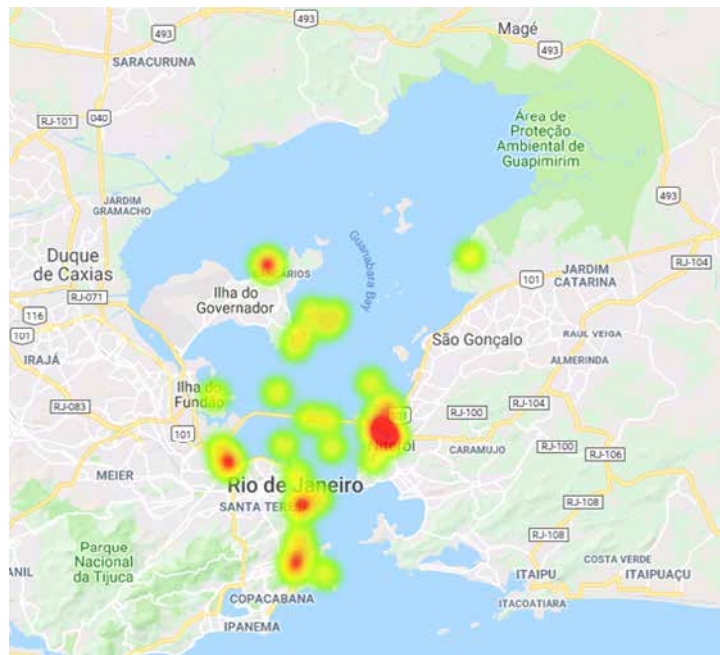
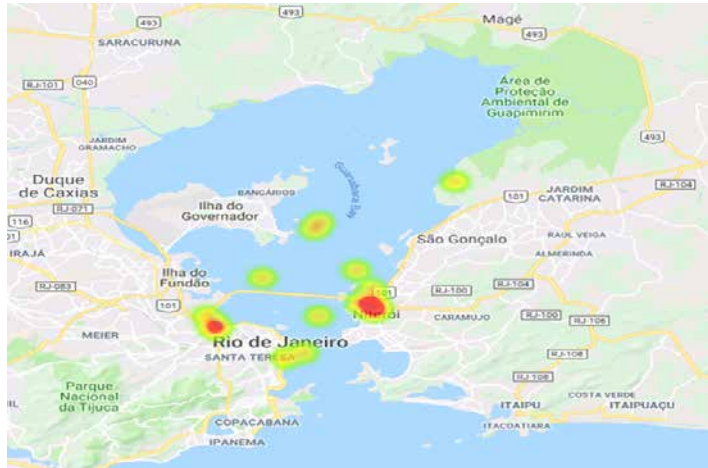


Figura 59: Mapa de densidade de ocorrências de vazamento de óleo na Baía de Guanabara, entre os anos de 2011 e 2016
Fonte: Geopem



Figura 60: Mapa de densidade de ocorrências de manchas de origem identificada na Baía de Guanabara, entre 2011 e 2016
Fonte: Geopem



70

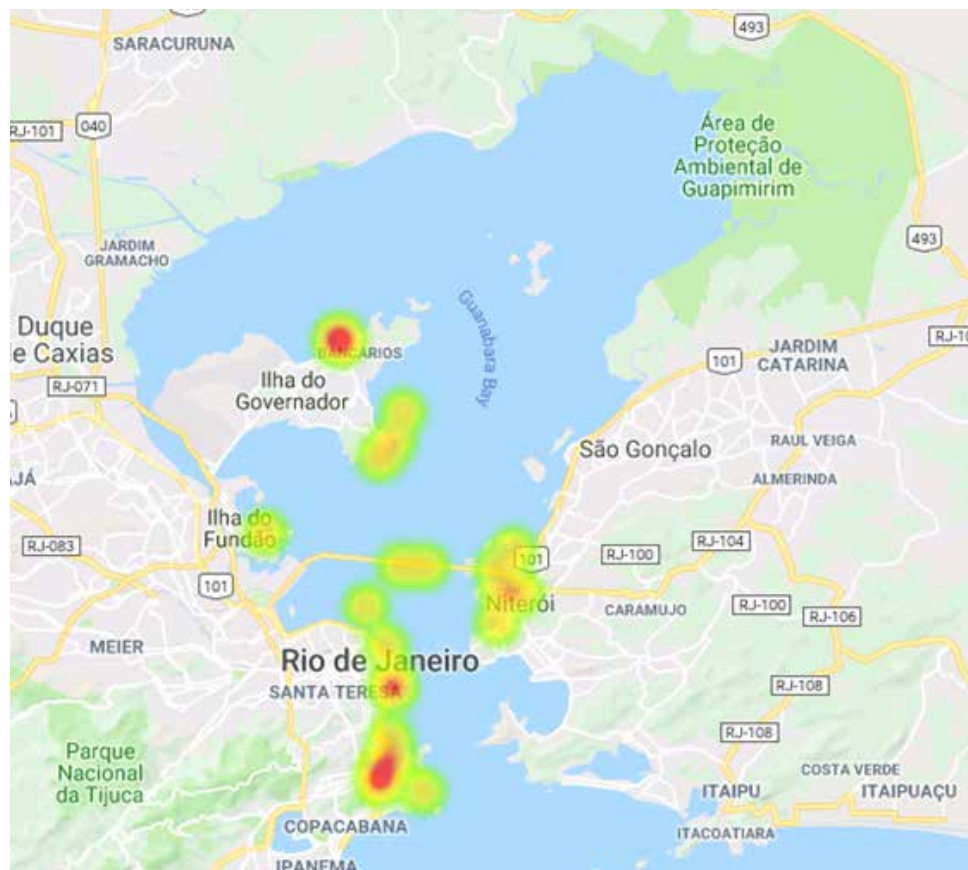


Figura 61: Mapa de densidade de ocorrências de manchas órfãs na Baía de Guanabara, entre 2011 e 2016
Fonte: Geopem



- 10 -

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DURANTE O PERÍODO OLÍMPICO 2016

71

A operação de monitoramento e combate às manchas de óleo na Baía de Guanabara ficou conhecida como Operação PABG - Olimpíada Rio 2016 e Operação PABG - Paralimpíada Rio 2016. Ambas as operações contaram com voos diários sobre toda a região sul da Baía, viabilizados pela parceria entre o Inea e o Grupamento Aeromóvel da Polícia Militar (GAM/PMERJ). Simultaneamente aos sobrevoos, barcos contratados pelo Inea, chamados de ecobarcos, faziam o monitoramento marítimo, recolhendo os resíduos flutuantes. As principais empresas envolvidas no PABG participaram das operações cedendo embarcações e recursos, tanto para o monitoramento quanto para o combate às manchas encontradas. No total, a Operação PABG- Olimpíada Rio 2016 se estendeu por 16 dias, 13 deles contínuos (de 6 a 18 de agosto) e três dedicados a testes (24 e 29 de julho e 3 de agosto). Já a Operação PABG- Paralimpíada Rio 2016 durou seis dias seguidos.

Ao todo, foram registradas 76 manchas de óleo, 49 durante a Operação PABG - Olimpíada Rio 2016 e 27 durante a Operação PABG - Paralimpíada Rio 2016, como demonstra a Figura 62. O dia 12 de agosto se destaca como aquele com o maior número de ocorrências: sete, no



total. Já em 24 e 29 de julho, que foram dias de testes, foi registrada uma mancha de óleo, o menor número do período. Em média, durante o período olímpico, foram encontradas três manchas por dia. No período paralímpico, a média foi de 4,5 manchas por dia. Vale lembrar que a série histórica, baseada no atendimento a denúncias, indica oito registros de mancha de óleo por ano. A análise do período recente eleva esse número para nove. Dessa forma, os primeiros resultados já demonstram uma discrepância muito grande entre o registro da Geopem e os da Operação Olímpica e Paralímpica.

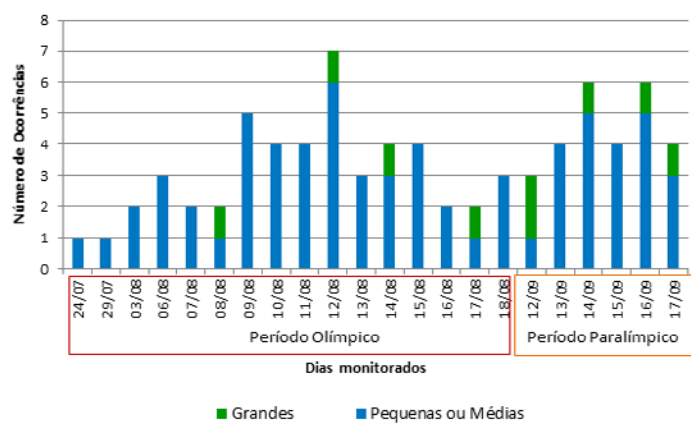


Figura 62: Perfil de ocorrências registrado pela Operação PABG- Olimpíada e Operação PABG- Paralimpíada Rio 2016
Fonte: Geopem

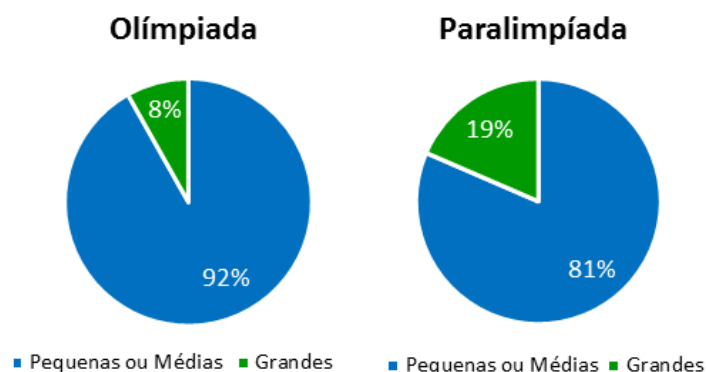


Figura 63: Tamanho das manchas de óleo encontradas durante a Operação PABG- Olimpíada Rio 2016 e Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016
Fonte: Geopem



Durante a operação, as manchas foram divididas em pequenas, médias ou grandes, de acordo com tamanho e o volume de óleo estimado. As manchas com mais de 100 m² e as manchas contínuas foram classificadas como médias ou pequenas; manchas acima de 10.000 m² foram classificadas como de grande extensão. A análise dos dados demonstrou que, durante o período olímpico, 45 manchas, ou 92% das que foram identificadas, eram de pequena ou média extensão. No período paralímpico, foram contabilizadas 22 manchas pequenas e médias, ou 81% das que foram identificadas (Figura 63 e Tabela 3).

As manchas de grande extensão representaram 8% das que foram contabilizadas durante os Jogos Olímpicos, totalizando quatro. Já durante os Jogos Paralímpicos, foram registradas cinco manchas grandes (19% do total) (Figura 63 e Tabela 3). Em média, foram registradas 2,8 manchas de pequeno e médio porte por dia no período olímpico e 3,7 manchas por dia no período paralímpico. Entre as manchas de grande extensão, a média foi de 0,2 mancha/dia, durante a Operação Olímpica, e de 1,25 mancha/dia durante a Operação Paralímpica. No total, desconsiderando a extensão da mancha, diariamente ocorreram, em média, 3,1 manchas no período olímpico e 4,5 manchas no período paralímpico (Tabela 3 e Figura 64).

TABELA 3 - DADOS ABSOLUTOS SOBRE AS OCORRÊNCIAS E O TAMANHO DAS MANCHAS DE ÓLEO ENCONTRADAS DURANTE A OPERAÇÃO PABG - OLIMPÍADA RIO 2016 E OPERAÇÃO PABG - PARALIMPÍADA RIO 2016

	Operação Olímpíada		Operação Paralímpíada	
	Número de ocorrências	Média diária de ocorrências	Número de ocorrências	Média diária de ocorrências
Manchas Pequenas ou Médias	45	2,8	22	3,7
Manchas Grandes	4	0,2	5	0,8
Total	49	3,1	27	4,5

Fonte: Geopem



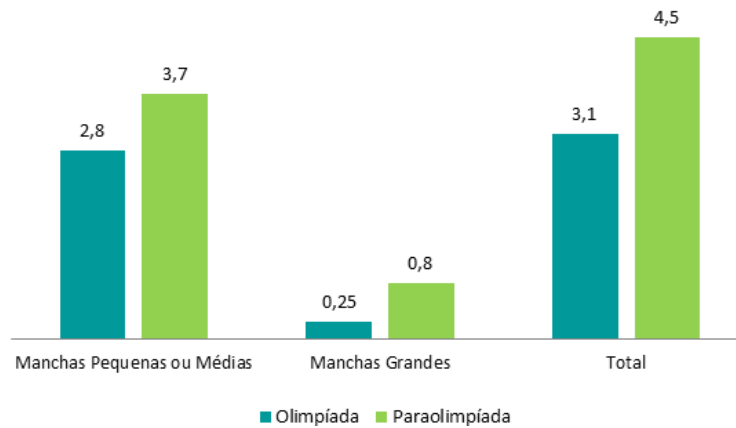


Figura 64: Comparativo da média diária de ocorrências de manchas de óleo encontradas na Operação PABG-Olimpíada Rio 2016 e na Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016
Fonte: Geopem

74

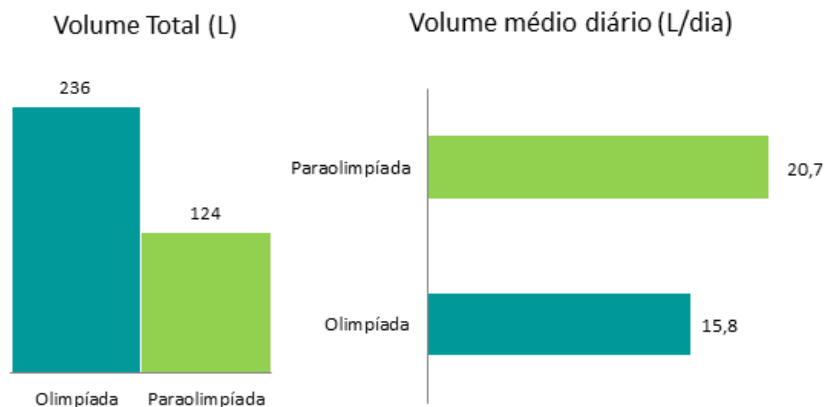


Figura 65: Estimativa de volume total e volume médio diário para a Operação PABG-Olimpíada Rio 2016 e para a Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016
Fonte: Geopem

Buscou-se, também, estimar o volume das manchas encontradas. Isso foi possível com 34 das 49 manchas encontradas durante a Operação PABG-Olimpíada Rio 2016. As manchas classificadas como pequenas ou médias apresentaram de 1L a 2L de volume. Em média, o volume de cada mancha de óleo desta categoria foi de 1,19L. Já o volume das manchas grandes variou de 5L a 130L, como mostra a Tabela 4, ficando a média em 50L. No total, o volume de óleo estimado para todas as manchas, independentemente do tamanho, foi de 235,7L (figura 65).



TABELA 4 - VOLUME ESTIMADO DAS MANCHAS DE ÓLEO ENCONTRADAS DURANTE A OPERAÇÃO PABG - OLIMPÍADA RIO 2016

Manchas de Grande Extensão		Manchas de Pequena Extensão		
Dia	Volume estimado (L)	Ocorrências*	Volume total estimado (L)	Volume Médio de Óleo por Mancha
08/08	130	34	35,7	1,19
12/08	25			
14/08	5			
17/08	40			
Total	200			
Média	50	*(em que foi possível estimar o volume)		

Fonte: Geopem

75

TABELA 5 - VOLUME ESTIMADO DAS MANCHAS DE ÓLEO ENCONTRADAS DURANTE A OPERAÇÃO PABG - PARALIMPÍADA RIO 2016

Manchas de Grande Extensão		Manchas de Pequena Extensão		
Dia	Volume estimado (L)	Ocorrências*	Volume total estimado (L)	Volume Médio de Óleo por Mancha
12/09	12	22	31	1,41
12/09	8			
14/09	55			
16/09	15			

Fonte: Geopem



Para as manchas encontradas durante a Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016, foi possível estimar o volume de óleo de todas que foram registradas, como ilustra a Tabela 5. Esse fato é, provavelmente, resultado da maior experiência e do melhor alinhamento entre os técnicos do Inea e demais parceiros. Durante a Paralimpíada, foram registradas cinco manchas grandes, contra quatro identificadas durante a Olimpíada. Entretanto, o volume associado foi menor: 93L contra 200L. O volume das manchas de grande extensão variou de 3L a 55L, ficando a média em 18,6L por mancha. Entre as manchas pequenas, observou-se uma semelhança maior com os dados do período olímpico, no qual o volume das manchas também variou de 1L a 2L, ficando a média em 1,41L por mancha de óleo. O volume total estimado para o período paralímpico foi de 124L.

Considerando ambas as operações, o volume total de óleo vazado foi de aproximadamente 360L durante os 22 dias de monitoramento. A partir dos dados referentes à Operação Olímpica, é possível estimar que, diariamente, na Baía de Guanabara, se formam manchas pequenas ou médias com 3,35L de óleo, além de manchas grandes com 12,5L, ficando o volume total em 15,8L. Fazendo a mesma estimativa para os dados referentes aos Jogos Paralímpicos, a Baía de Guanabara receberia 5,17L de óleo associados a manchas pequenas ou médias e outros 15,5L associados a manchas grandes, somando 20,7L de óleo por dia. Vale destacar que essa estimativa indica volumes maiores. Entretanto, a Operação Paralímpica foi realizada em um intervalo menor de dias. Logo, há uma tendência de essa estimativa ser menos fidedigna à realidade da Baía de Guanabara.

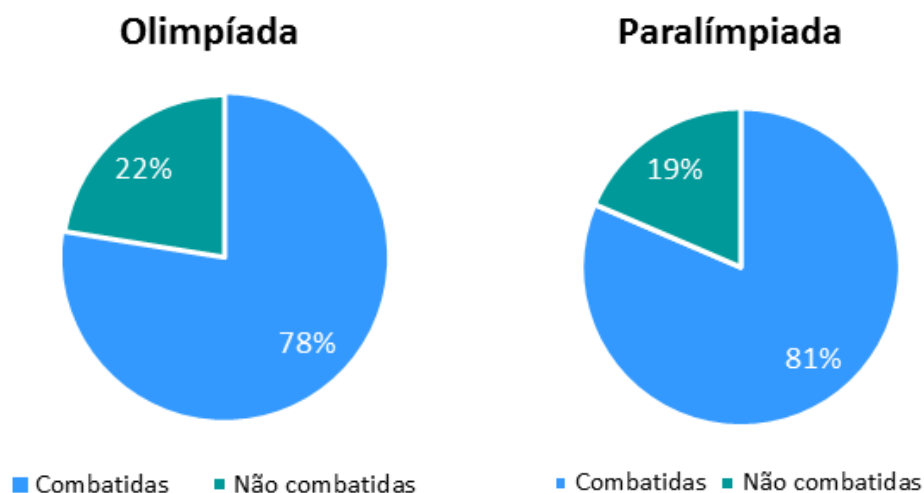


Figura 66: Relação de danos combatidos durante a Operação PABG-Olimpíada Rio 2016 e a Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016

Fonte: Geopem



Se desconsiderarmos a divisão por categorias, o volume médio das manchas encontradas seria de 6,9L/dia para a Olimpíada e de 4,6L/dia para a Paralimpíada, enquanto os dados da Análise do Período Recente indicam uma média de 41,5L por ocorrência. Comparando esses resultados, pode-se perceber que as manchas encontradas durante as Operações Olímpica e Paralímpica apresentaram tendência a um volume menor, evidenciando que as manchas de maior extensão são as que têm repercussão e, em razão disso, são denunciadas.

O combate às manchas de óleo encontradas foi feito, prioritariamente, com a aplicação da técnica de dispersão hidromecânica, o que condiz com a coloração das manchas. Em alguns dos acidentes envolvendo manchas grandes, outras técnicas foram aplicadas simultaneamente. Durante o período olímpico, 78% das manchas foram combatidas (Figura 66). Durante a Paralimpíada, o combate foi mais efetivo, contra 81% das manchas (Figura 66), indicando que os agentes envolvidos estavam mais alinhados e familiarizados com as rotinas do serviço. Até as manchas não combatidas (22%) foram monitoradas. A grande maioria, devido às suas características, se dispersou naturalmente, sem a necessidade de intervenção. Na Análise do Período Recente, o combate foi realizado em 75% das ocorrências.

Também foi possível comparar as formas de identificação das manchas de óleo (Figura 67). Os dados indicam, de forma expressiva, que os sobrevoos foram o meio mais efetivo de identificação das manchas de óleo, estando associados a 90% das ocorrências registradas durante a Olimpíada e a 85% das registradas durante a Paralimpíada. No total, foram realizados 44 sobrevoos: 32 no período olímpico e 12 no período paralímpico.

Vale destacar que nenhuma mancha encontrada durante a Operação Olímpica teve a origem identificada. Todas, portanto, foram classificadas como manchas órfãs. Entretanto, durante a Operação Paralímpica, foi possível identificar a origem de duas manchas de óleo. Uma delas ocorreu no dia 12 de setembro e foi resultado do naufrágio de uma embarcação no late Clube Brasileiro, em Niterói. Nesse evento, a mancha, formada por 12L de óleo, foi classificada como grande. O outro evento ocorreu no dia 14 de setembro, quando, durante o sobrevoos das 9h30, foi possível observar um rastro de óleo proveniente da Lancha ARX Serviços Marítimos. A mancha, com volume estimado em 55L – a maior identificada no período paraolímpico –, se estendia do late Clube do Rio de Janeiro até a Escola Naval.



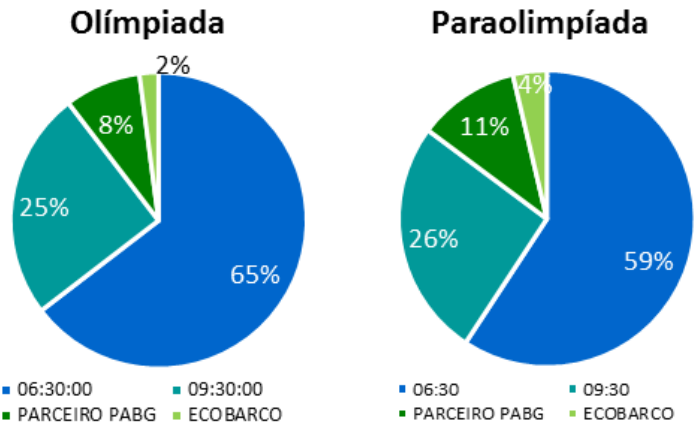


Figura 67: Forma de identificação das manchas de óleo. Os horários indicam os sobrevoos e o “PARCEIRO PABG”, as denúncias recebidas por integrantes do PABG
Fonte: Geopem

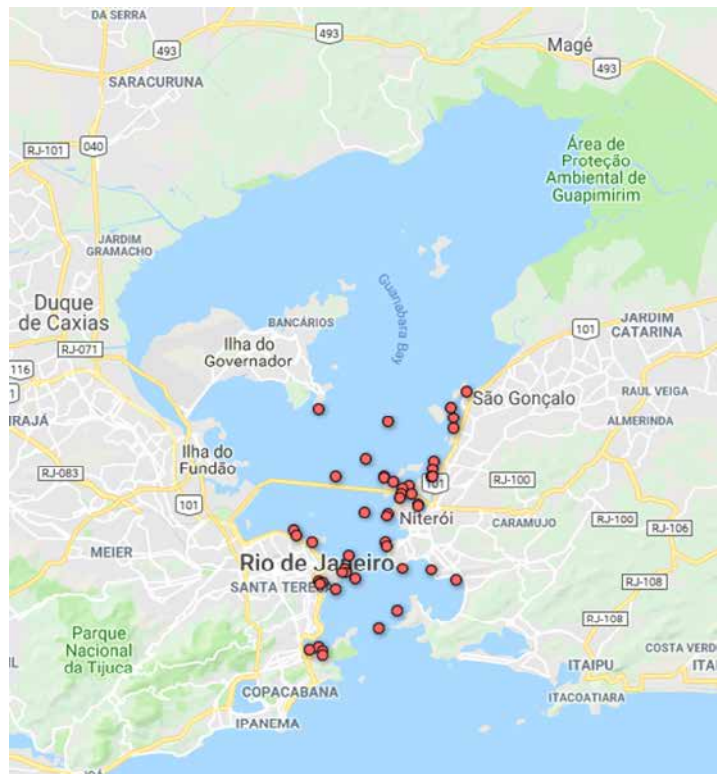


Figura 68: Mapa de ocorrências referente ao registro de vazamentos de óleo na Baía de Guanabara durante a Operação PABG-Olimpíada Rio 2016
Fonte: Geopem



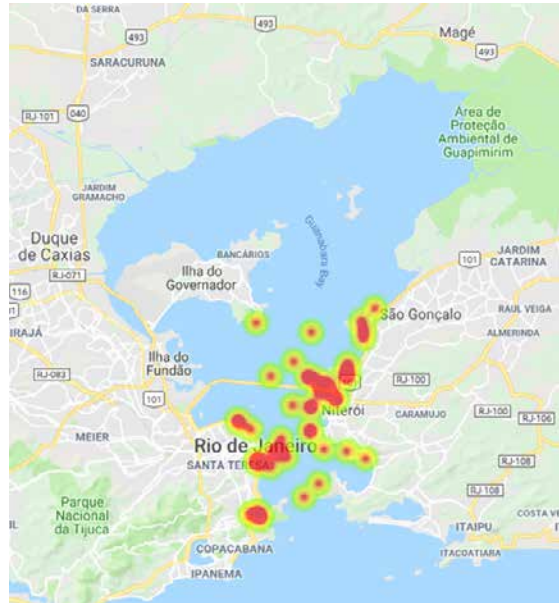


Figura 69: Mapa de densidade de ocorrências referente ao registro de vazamentos de óleo na Baía de Guanabara durante a Operação PABG-Olimpíada Rio 2016

Fonte: Geopem

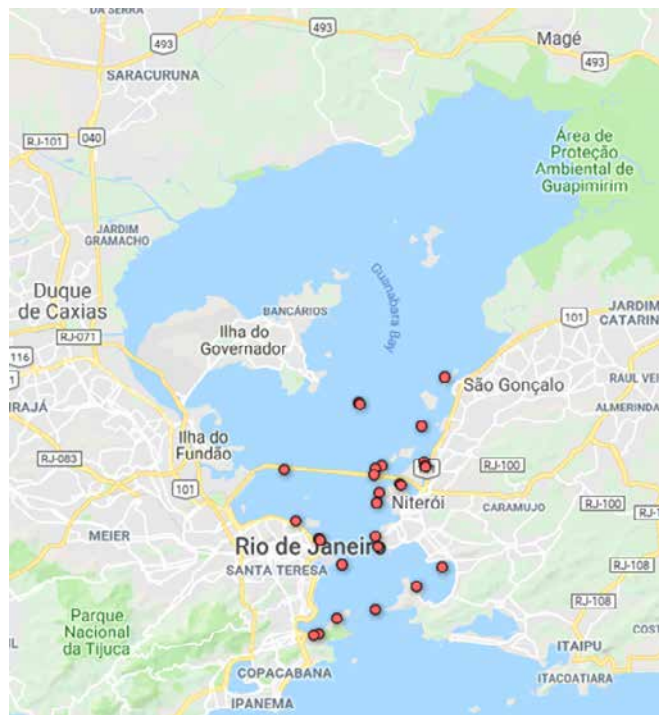


Figura 70: Mapa de ocorrências referente ao registro de vazamentos de óleo na Baía de Guanabara durante a Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016

Fonte: Geopem



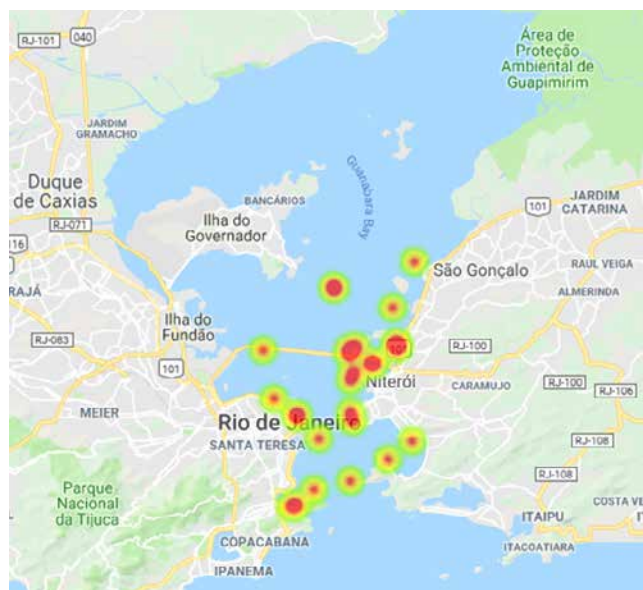


Figura 71: Mapa de densidade de ocorrências referente ao registro de vazamentos de óleo na Baía de Guanabara durante a Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016

Fonte: Geopem

A análise da localização das manchas de óleo encontradas é ilustrada na Figura 68 e na Figura 69, referentes ao período olímpico, e na Figura 70 e na Figura 71, referentes ao período paralímpico. O resultado condiz com o observado na Análise do Período Recente, na qual novamente a Região Portuária de Niterói – entre a Ilha de Conceição e a Base Naval –, a região do Aeroporto Santos Dummont, a Marina da Glória e a Enseada de Botafogo – próximo à Urca – foram os locais com maior ocorrência. O que mais chama a atenção na Análise do Período Recente é a ocorrência de manchas na região central da Baía de Guanabara e ao sul da Ilha do Governador, o que não ocorreu durante as Operações Olímpicas. Além disso, nas regiões das praias de Niterói (São Francisco, Icaraí, Charitas) foram encontradas manchas durante as Operações Olímpicas. Porém, não há registros no histórico recente da Geopem. A Figura 72 e a Figura 73 englobam as ocorrências registradas durante ambos os períodos olímpicos.

Por fim, buscou-se utilizar os dados obtidos durante as Operações Olímpicas para modelar o número de ocorrências anuais na Baía de Guanabara, análise baseada no trabalho de Pereira (2018). Para possibilitar essa comparação, os dados coletados nesse período foram tratados e extrapolados através de um modo linear. O número total de manchas identificadas ao longo das operações foi tabelado em função do número de dias monitorados. O resultado está disposto na Tabela 6 e foi usado para plotar o gráfico da Figura 74.



Nesse contexto, para o período estudado, a equação 1 descreve o número aproximado de manchas $M(t)$ em função dos dias monitorados t . Pode-se perceber que a correlação entre as variáveis é muito elevada, uma vez que o coeficiente R^2 indica que as variáveis apresentam 99% de correlação.

$$M(t)=3,6488t+7,3247$$

Equação 1

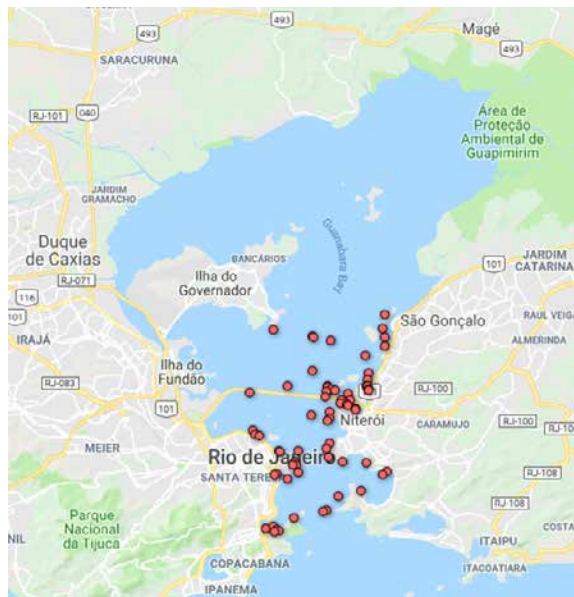
A equação 1 é utilizada, portanto, para estimar o número de manchas de óleo para o período de um ano inteiro (365 dias) e, assim, ser feita a comparação com os dados históricos. Para fazer essa extrapolação, são fixadas algumas considerações:

- Desconsidera-se qualquer possível efeito de sazonalidade. O perfil de incidência de manchas de óleo não deve variar sensivelmente ao longo do ano.
- A dinâmica das atividades poluidoras da Baía de Guanabara não sofreu alterações durante o período da Olimpíada e da Paralimpíada, de maneira que o modelo da equação 1 é válido não somente para o período de 20 dias monitorados, mas também para o resto do ano.
- O número de fontes potencialmente poluidoras por vazamento de óleo na Baía de Guanabara é aproximadamente constante.

81

Figura 72: Mapa de ocorrências referente ao registro de vazamentos de óleo na Baía de Guanabara durante a Operação PABG-Olimpíada Rio 2016 e a Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016

Fonte: Geopem



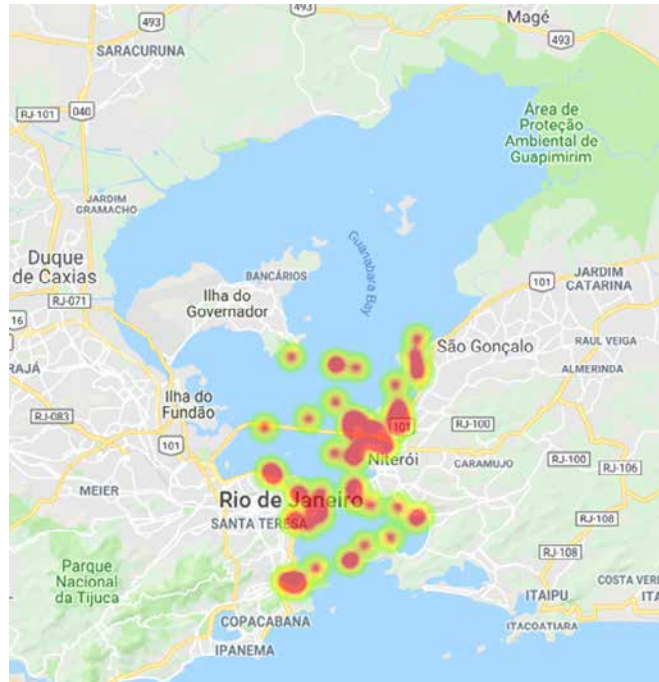


Figura 73: Mapa de densidade de ocorrências referente ao registro de vazamentos de óleo na Baía de Guanabara durante a Operação PABG-Olimpíada Rio 2016 e a Operação PABG-Paralimpíada Rio 2016

Fonte: Geopem

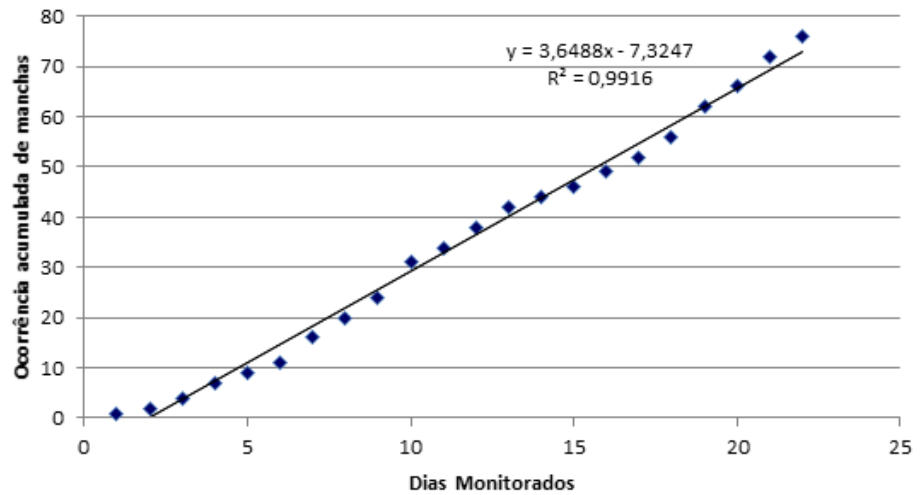


Figura 74: Tendência das manchas encontradas diariamente na Baía de Guanabara baseada nos dados obtidos durante as operações nos períodos olímpico e paralímpico

Fonte: Geopem



TABELA 6 - ACUMULADO DE MANCHAS ENCONTRADAS NA BAÍA DE GUANABARA DURANTE OS 22 DIAS DE OPERAÇÕES NOS PERÍODOS OLÍMPICO E PARALÍMPICO

Dias Monitorados	Total de manchas acumulado	Dias Monitorados	Total de manchas acumulado
1	1	12	38
2	2	13	42
3	4	14	44
4	7	15	46
5	9	16	49
6	11	17	52
7	16	18	56
8	20	19	62
9	24	20	66
10	31	21	72
11	34	22	76

Fonte: Geopem

Aplicando-se a equação 1 para o períodos de um ano, tem-se os cenários apresentados na Tabela 7.

A estimativa é de que, ao longo do período de um ano, haja, aproximadamente, 1.325 eventos de vazamento de óleo na Baía de Guanabara. Esse valor é muito superior às médias encontradas nesse diagnóstico, tanto para a série histórica (1983-2011), na qual o valor encontrado foi de oito ocorrências por ano, quanto para a Análise do Período Recente (2011-2016), na qual o valor médio de ocorrências é nove. A Figura 75 ilustra a comparação entre os períodos estudados e a extrapolação para um ano utilizando o modelo.



TABELA 7 - ESTIMATIVA DO TOTAL DE MANCHAS QUE OCORREM NA BAIÁ DE GUANABARA EM UM ANO, COM BASE NO MODELO LINEAR

Anos	t (dias)	M (t)
1	365	1.324,487

Fonte: Geopem

Media Anual de Ocorrência com Vazamento de óleo na Baía de Guanabara

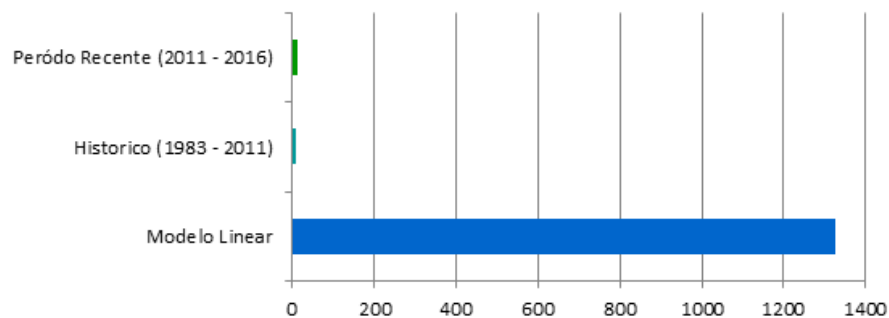


Figura 75: Média anual de ocorrência de vazamento de óleo na Baía de Guanabara. Comparativo entre os períodos estudados e o modelo linear elaborado

Fonte: Geopem



- 11 -

PLANO DE AÇÃO

85

A partir das informações apuradas neste diagnóstico, foi identificada que uma das maiores dificuldades no atendimento a emergências ambientais é a falta de integração entre os atores envolvidos. Sendo assim, buscou-se elaborar ações em duas principais frentes. A primeira, de ações internas, tem como objetivo aprimorar a estrutura operacional interna do Inea, visto que este é um dos principais atores envolvidos nas ações de prevenção, controle e resposta na área ambiental. A segunda linha foca o desenvolvimento de uma regulamentação em âmbito estadual, consolidada na forma de uma resolução a ser submetida ao Conselho Estadual de Meio Ambiente (Conema), abordando o tema “Emergências Ambientais Marítimas”, com o intuito de regulamentar ações, requisitos e obrigações relacionadas, envolvendo os atores externos e promovendo o aperfeiçoamento da comunicação com o Inea.

Em relação às ações internas, ficou definida a instituição de programas de treinamento para aperfeiçoamento técnico. Nesses treinamentos, serão abordadas técnicas de atendimento a emergências marítimas em um contexto ambiental, o detalhamento de informações objetivas nos relatórios – a partir da revisão dos padrões de relatórios de vistoria –, a consolidação do banco de dados de atendimentos e a criação de um painel de indicado-



res das ocorrências, permitindo, assim, a identificação dos pontos críticos e apoiando ações de preparação, prevenção e controle.

De forma transversal às linhas de atuação, serão promovidas ações de integração entre o Inea e os demais órgãos governamentais envolvidos em situações de emergências ambientais. Essa integração será feita por meio do acompanhamento sistemático de exercícios simulados, da promoção de exercícios simulados integrados entre empresas, da participação da Defesa Civil estadual e de capacitações no contexto ambiental – feitas por servidores do Inea e destinadas ao quadro técnico de emergências das empresas.

A proposta de Resolução Conema incluirá a instituição de calendários de exercícios simulados, individuais e integrados, possibilitando ao órgão ambiental ter maior controle e participação ativa nessas atividades. Além disso, o Conema pretende implementar o conceito de Plano de Emergência Individual Dinâmico (PEI Dinâmico), que seria um PEI em formato digital, denominado Cadastro de Informações Operacionais de Emergência, contendo apenas as informações essenciais para casos de situação de emergência, como contatos de acionamento, localização, volume da descarga no pior cenário e recursos contingenciados. É proposto, ainda, que a resolução do Conema sobre o assunto trate da capacitação dos envolvidos no atendimento a emergências, dos equipamentos básicos de prontidão para primeira resposta e do controle das comunicações.

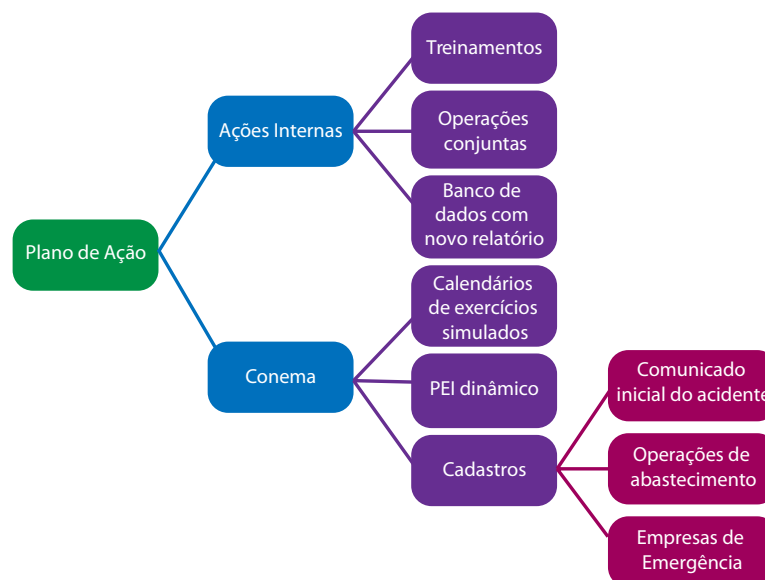


Figura 76: Síntese das ações propostas no Plano de Ação da Geopem para aprimorar o atendimento a emergências ambientais

Fonte: Geopem



Outra proposta de regulamentação é o aprimoramento dos meios de informação, a partir da institucionalização de cadastros digitais que tragam dinamismo e facilitem situações operacionais. O primeiro cadastro proposto tem o objetivo de registrar as informações iniciais no caso de uma situação de emergência, padronizar minimamente esse conteúdo inicial e registrar no banco de dados as ocorrências comunicadas. Outro cadastro se refere às operações de abastecimento, carga e descarga com duração menor que 30 dias em águas interiores, que apresentam risco ambiental e necessitam de acompanhamento e, por vezes, supervisão. Por fim, o Conema também tem o intuito de criar um cadastro com as empresas de emergências que prestam serviços em situações de acidentes ambientais marítimos, a fim de facilitar o contato e regulamentar a atividade (figura 76).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (Brasil). **Porto do Rio de Janeiro**. 2012. Disponível em: http://antag.gov.br/Portal/Portos_PrincipaisPortos.asp. Acesso em: 30 jul. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Produção Nacional de Petróleo e LGN (metros cúbicos)**. 2018. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/DADOS_ESTADISTICOS/Producao_Petroleo_LGN/Producao_de_Petroleo_m3.xls. Acesso em: 30 jul. 2018.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Relatório da Comissão Especial da Baía de Guanabara**, 2016. Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim anual de exploração e produção de petróleo e gás natural**: 2017. Brasília, 2018.

88

BRASIL. Secretaria de Portos da Presidência da República. **Plano mestre do Porto do Rio de Janeiro. Florianópolis**, 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (São Paulo). **Ambientes costeiros contaminados por óleo**: procedimentos de limpeza. São Paulo, 2007.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Rio de Janeiro). Resolução nº 107, de 22 de maio de 2013. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 12 jun. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). **Relatório sobre o impacto ambiental causado pelo derramamento de óleo na Baía de Guanabara**. Brasília, 2001

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 472, de 27 de novembro de 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 235, p. 117-119, 9 dez. 2015.

DA CRUZ, A. A. S. **Avaliação da ecotoxicidade de hidrocarbonetos em ambientes marinhos, utilizando teste crônico embriolarval, com Lytechinus**



variegatus equinodermata – equinoidea (Lamarck, 1816) Agassiz, 1863. 2004. 175p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Anuário da indústria de petróleo no Rio de Janeiro:** panorama 2017. Rio de Janeiro, 2017.

FINGAS, M. **The basics of oil spill cleanup.** 2. ed. Canadá: CRC Press, 2013.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE (RJ). **Reduc:** relatório de vistoria 300018/2000. Rio de Janeiro, 2000.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE (RJ). **Saga Mascot:** relatório de vistoria 300121/2005. Rio de Janeiro, 2005.

HIDROCLEAN PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Plano de área da Baía de Guanabara.** Rio de Janeiro, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas de população publicadas no DOU.** 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 30 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual de boas práticas:** manejo de fauna atingida por óleo. Brasília, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Plano Nacional de Ação de Emergência para Fauna Impactada por Óleo.** Brasília, 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **TEBIG:** relatório de vistoria 300014/2015. Rio de Janeiro, 2015.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Relatório de vistoria 300109/2016:** (Período Olímpico). Rio de Janeiro, 2016.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Diagnóstico estatístico das operações de combate a manchas de óleo na Baía de Guanabara nos Jogos Olímpicos Rio 2016.** Rio de Janeiro, 2016.



INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (RJ). **Diagnóstico estatístico das operações de combate a manchas de óleo na Baía de Guanabara nos Jogos Paralímpicos Rio 2016**. Rio de Janeiro, 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Oil information**: Overview. Paris, 2017.
INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION;
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Prontidão para resposta à fauna**: guia de boas práticas para gestão de incidentes e para profissionais de resposta a emergências. [S. l.: s. n.], 2014a.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION;
INTERNATIONAL MATIRIME ORGANIZATION; INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Observação aérea de derramamentos de óleo no mar**: guia de boas práticas para gestão de incidentes e para profissionais de resposta a emergências. [S. l.: s. n.], 2014b.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION;
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Contenção e recolhimento no mar**: guia de boas práticas para gestão de incidentes e para profissionais de resposta a emergências. [S. l.: s. n.], 2015a.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION;
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Dispersantes**: aplicação na superfície: guia de boas práticas para gestão de incidentes e para profissionais de resposta a emergências. [S. l.: s. n.], 2015b.

INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIRONMENTAL CONSERVATION;
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Um guia para técnicas de limpeza de linha de costa oleada**: guia de boas práticas para gestão de incidentes e para profissionais de resposta a emergências. [S. l.: s. n.], 2015c.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Aerial observation of marine oil spills**: technical information paper 1. London, UK, 2011a.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Clean-up of oil from shorelines**: technical information paper 7. Canterbury, UK, 2014d.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Fate of marine oil spills**: technical information paper 2. London, UK, 2011b.



INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Use of booms in oil pollution response:** technical information paper 3. Canterbury, UK, 2014a.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Use of dispersants to treat oil spills:** Technical Information Paper 4. Canterbury, UK, 2014b.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Use of skimmers in oil pollution response:** technical information paper 5. Canterbury, UK, 2014c.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. **Use of sorbent materials in oil spill response:** technical information paper 8. Canterbury, UK, 2014e.

KAMPEL, M.; AMARAL, S. Imagens TM/Landsat na detecção de mancha de óleo na Baía de Guanabara-RJ-Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu, PR. **Anais [...]** Foz do Iguaçu, PR: INPE, 2001. p. 801-809.

KJERFVE, B.; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M.; FILIPPO, A. M.; QUARESMA, V. S. Oceanographic characteristics of and impacted costal bay: Baía de Guanabara. **Continental Shelf Research**, v. 17, n. 13, p. 1609-1643, nov. 1997.

MICHEL, J. Assessment and recommendations for the oil spill cleanup of Guanabara Bay, Brazil. **Spill Science & Technology Bulletin**, United Kingdom, v. 6, n. 1, p. 89-96, 2000.

MOREIRA, P. A. R. **Derrames de hidrocarbonetos no mar:** uma avaliação das questões operacionais. 2016. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente)- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US). **Oil in the Sea III:** Inputs, Fates, and Effects. Washington, D. C.: National Academies Press; 2003.

PEREIRA, I. R. F. H. **Análise de perfil estatístico de emergências ambientais envolvendo produtos perigosos no estado do Rio de Janeiro.** 2018. 115p. Monografia (Bacharelado em Química Industrial)- Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.



SAMPAIO, M. **Estudo de circulação hidrodinâmica 3D e trocas de massas d'água da Baía de Guanabara – RJ**. 2003. 220p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, A. B. **Gestão ambiental na indústria**: uma avaliação do comportamento dos setores químico e petroquímico com relação aos passivos ambientais e os problemas causados em torno da Baía de Guanabara. 2001. 115p. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Saúde Pública) - Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

FRAGA, C.; MENDES, P. E.; ANIBAL, R.; CARDOSO, V. **Vazamento de óleo na Baía de Guanabara**: REDUC – RV 300018/2000. Duque de Caxias, RJ: [s. n.], 2000.

MENDES, P. E. **Vazamento de óleo na Baía de Guanabara**: Navio Saga Mascot: RV 300121/2005. Niterói, RJ: [s. n.], 2005.

92

STRAUCH, C. E.; MENDES, P. E.; CARDOSO, V. **Vazamento de óleo no TEBIG - Navion Gothenburg**: RV 300014/2015. Angra dos Reis, RJ: [s. n.], 2015.

STRAUCH, C. E.; MENDES, P. E.; RABELLO, I. **Operação PABG - Olimpíada Rio 2016**: RV300109/2016 e diagnóstico estatístico das operações de combate a manchas de óleo na Baía de Guanabara nos Jogos Olímpicos Rio 2016. Rio de Janeiro: [s. n.], 2016.

STRAUCH, C. E.; MENDES, P. E.; RABELLO, I. **Período Paralímpico**: diagnóstico estatístico das operações de combate a manchas de óleo na Baía de Guanabara nos Jogos Paraolímpicos Rio 2016. Rio de Janeiro: [s. n.], 2016.



ANEXO

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS SENSORES UTILIZADOS NO SENSORIAMENTO REMOTO PARA IDENTIFICAÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO

93

Sensor	Meios de detecção	Alcance	Espessura detectada	Limitações
Radar Áereo de Inspeção Lateral (SLAR)	Detecta a diminuição do óleo pela capilaridade das ondas geradas pelo vento	Durante voos de reconhecimento, o SLAR pode detectar óleo a uma distância de 15 a 20 NM em qualquer um dos lados do avião, exceto no ponto cego abaixo do avião. Essa lacuna pode ser coberta por um escâner infravermelho	Acima de 3 a 5 μm	Condições de mar muito calmas ou muito agitadas prejudicam a detecção do SLAR. Os resultados sempre devem ser confirmados por observação aérea e/ou varredura IR/UV
escâner de Linha Infravermelha (IR)	Detecta a radiação térmica com um comprimento de onda na banda de 8 a 12 μm .	A zona varrida é igual a duas vezes a altitude do avião. Na prática, a varredura deve ser realizada a 450 m, permitindo uma largura de cerca de 1.000 m. Usado para compensar o ponto cego do SLAR.	Mais de 10 μm	Dificuldades de interpretação acima de 10 μm de espessura



Sensor	Meios de detecção	Alcance	Espessura detectada	Limitações
escâner de Linha Ultravioleta (UV)	Detecta o componente ultravioleta da luz do sol refletido por líquidos oleosos.	A zona varrida é igual a duas vezes a altitude do avião. Na prática, a varredura deve ser realizada a 450 m, permitindo uma largura de cerca de 1.000 m. Usado para compensar o ponto cego do SLAR	Abaixo de 1µm	Apenas operações diurnas são possíveis. Não é possível distinguir entre diferentes espessuras
Radiômetro por Micro-ondas (MWR)	Similar ao escâner de Linha IR, porém, pode medir a espessura e, dessa forma, o volume	A zona varrida é igual a duas vezes a altitude do avião. Na prática, a varredura deve ser realizada a 450 m, permitindo uma largura de cerca de 1.000 m. Usado para compensar o ponto cego do SLAR	A partir de 100µm	A calibração é necessária para determinar os volumes. Não é capaz de estimar a espessura de manchas e emulsões espessas
escâner Infravermelho de Avanço (FLIR)	Detecta a radiação térmica com um comprimento de onda na banda de 3 a 5 ou 8 a 12µm	Depende da altitude do avião e do campo de visão selecionado pelo operador, além da higrometria	Do código 2 ou 3	Gravações de FLIR podem ser usadas como um método complementar
Laser Fluorosensor (LFS)	Feixe de laser		0,1 a 20µm	É necessário realizar calibração. O hidrocarboneto de óleo só pode ser identificado se integrado no sistema

