

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE PRAIA GRANDE – ETEC PG ENSINO  
MÉDIO INTEGRADO EM QUÍMICA**

GABRIELLY DE LIMA ARRUDA  
JUAN TAVARES FERREIRA  
KEISY DIAMANTE GONÇALVES  
RYAN GONÇALVES PEREIRA  
SARA DOS SANTOS BONIFACIO

**Análise do método Soxhlet para quantificação de óleos e graxas  
presentes nas águas litorâneas do canal 6 de Santos - SP**

**3º ANO DE QUÍMICA**

PRAIA GRANDE  
OUTUBRO/2024

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE PRAIA GRANDE – ETEC PG ENSINO  
MÉDIO INTEGRADO EM QUÍMICA**

GABRIELLY DE LIMA ARRUDA  
JUAN TAVARES FERREIRA  
KEISY DIAMANTE GONÇALVES  
RYAN GONÇALVES PEREIRA  
SARA DOS SANTOS BONIFACIO

**Análise química quantitativa de óleos e graxas presentes nas águas litorâneas  
do canal 6 de Santos - SP**

Trabalho de conclusão de curso da  
Etec de Praia Grande, como requisito  
para obtenção do título de técnico em  
química.

Orientadoras: prof. Thais Leocádio e  
Irinete Ferreira.

**3º ANO DE QUÍMICA**

PRAIA GRANDE

2024

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus na elaboração desse trabalho, por nos oferecer paciência, resistência e foco. Aos nossos familiares por conceder conforto e auxílio durante toda a trajetória, assim como também agradecemos ao instituto Fatec e Etec de Praia Grande por colaborar com assistência, materiais e espaço, e as nossas orientadoras, por caminharem conosco durante a estruturação do trabalho. Além do mais, agradecemos a assistente de laboratório Débora, por fornecer orientação, auxílio, e ajuda nos momentos mais conflitantes, como também estamos gratos para com os nossos companheiros de equipe na atribuição de cada etapa deste trabalho.

## RESUMO

As águas costeiras próximas ao litoral são responsáveis por abrigarem repositórios de fauna e flora de grande importância para o ecossistema marinho. Porventura, são altamente produtivas por receberem nutrientes descarregados pelos rios, sendo também às águas que mais sofrem com ações de origem humana. Nessas regiões encontra-se facilmente uma intensa urbanização com atividades de pesca, portuária e industrial, além da frequente exploração turística do local. O Canal de Santos, com cerca de 13 km de extensão e com uma profundidade de 12-15 metros, interliga a parte interna do Estuário de Santos e a Baía de Santos. A principal atividade na região origina-se pelo Porto de Santos, ocupando mais de 7 milhões de m<sup>2</sup>. Sua área extensa possui grande impacto fornecido pela atividade portuária. Considerando a capacidade de vazamento em alto mar, os efeitos que perpetua tal cenário sustentam uma degradação ambiental grave, causando perdas da biodiversidade aquática e destruição econômica. Nesse contexto, óleos e combustíveis derivados do petróleo vão possuir os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), que são potencialmente tóxicos para diferentes organismos, mesmo em baixas concentrações. A identificação e quantificação dos impactos dos vazamentos de óleo tornou-se indispensável para regularizar e assegurar o sistema ambiental marinho.

**Palavras-chaves:** Ecossistema marinho; Atividade portuária; Biodiversidade; Óleos;

## ABSTRACT

The coastal waters close to the coast are responsible for housing repositories of fauna and flora of great importance for the marine ecosystem. Perhaps, they are highly productive because they receive nutrients discharged by rivers, and are also the waters that suffer most from actions of human origin. In these regions you can easily find intense urbanization with fishing, port and industrial activities, in addition to the frequent tourist exploitation of the place. The Santos Channel, approximately 13 km long and with a depth of 12-15 meters, connects the internal part of the Santos Estuary and the Santos Bay. The main activity in the region originates from the Port of Santos, occupying more than 7 million m<sup>2</sup>. Its extensive area has a great impact provided by port activity. Considering the capacity for leakage in the high seas, the effects that perpetuate this scenario sustain serious environmental degradation, causing losses of aquatic biodiversity and economic destruction. In this context, oils and fuels derived from petroleum will contain polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), which are potentially toxic to different organisms, even at low concentrations. The identification and quantification of the impacts of oil spills has become essential to regularize and ensure the marine environmental system.

**Keywords:** Marine ecosystem; Port activity; Biodiversity; Oils;

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Óleos e graxas .....</b>	<b>10</b>
2.1.1 Canais de Santos.....	10
2.1.2 Vazamentos de petróleo e tratamento da água .....	11
2.1.3 Vazamentos de óleo no Brasil .....	12
2.1.4 Impactos da contaminação de óleos e graxas em ambientes marinhos .....	16
2.1.5 Vazamento de petróleo e seus derivados, e os danos à saúde humana .....	23
2.1.6 Análise de óleos e graxas em canais .....	27
2.1.7 Desastres ambientais envolvendo óleos e graxas .....	29
<b>2.2 Extrator Soxhlet .....</b>	<b>34</b>
2.2.1 Funcionamento geral do extrator Soxhlet .....	34
2.2.2 Áreas que utilizam o extrator Soxhlet .....	36
2.2.3 Justificativa da escolha da metodologia .....	37
<b>3. INFORMAÇÕES REFERENTE A COLETA DA AMOSTRA .....</b>	<b>38</b>
<b>4. LIMPEZA E PREPARO DOS FRASCOS PARA COLETA DAS AMOSTRAS .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Materiais .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Metodologia .....</b>	<b>40</b>
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS DO EXTRATOR SOXHLET .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 Materiais .....</b>	<b>41</b>
<b>5.2 Metodologia .....</b>	<b>42</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1 Acidificação da amostra .....</b>	<b>48</b>
6.1.1 Cálculo da massa de soluto para HCl .....	48
6.1.2 Cálculo da conversão de massa de HCl .....	48
6.1.3 Cálculo do volume necessário de HCl P. A. ....	49

<b>6.2 Preparação e homogeneização da Terra de Diatomácea .....</b>	<b>50</b>
<b>6.3 Processo de extração .....</b>	<b>50</b>
<b>6.4 Análise gravimétrica .....</b>	<b>52</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

O Canal de Santos enfrenta sérios problemas de poluição devido a efluentes industriais e esgotos domésticos, que afetam a biodiversidade local. A contaminação da água, frequentemente causada por vazamentos de produtos químicos e óleos, é uma preocupação crescente, especialmente devido a derramamentos de petróleo. Ruggeri (2022) destaca que a exploração de plataformas de petróleo e o transporte marítimo aumentam a quantidade de vazamentos ilegais de petróleo, responsáveis por cerca de metade dos derrames de óleo no ecossistema marinho. Segundo o relatório da Federação Internacional de Poluição de Proprietários de Petroleiros (2021), foram registrados mais de 10.000 incidentes de derramamento em mais de 100 países, geralmente relacionados a danos estruturais e colisões de navios-tanque.

Dentro do cenário de refinanciamento do petróleo gera-se compostos químicos como tolueno, benzeno e xileno, que são hidrocarbonetos aromáticos. Esses compostos, ao serem ingeridos, podem causar toxicidade pulmonar e outros efeitos adversos à saúde, incluindo neurotoxicidade e problemas cardiovasculares, como ocorridos no Brasil em 2019, com voluntários de limpezas das praias após um vazamento de óleo. Segundo Ferguson (2019), o caso de 2019 mostrou falhas na resposta ao desastre devido à demora em acionar o Plano Nacional de Contingência (PNC), criado para enfrentar grandes acidentes ambientais.

Durante uma pesquisa sobre a análise de óleos e graxas em águas descartadas, observou-se a necessidade de métodos precisos para controlar impurezas. A combinação de métodos tradicionais com abordagens inovadoras pode melhorar o monitoramento ambiental e a resposta a desastres, promovendo uma gestão mais eficaz dos impactos socioambientais. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) destaca que óleos pesados afetam diretamente a vida marinha, prejudicando atividades essenciais como fotossíntese e respiração. A persistência desses poluentes causa impactos a longo prazo, pois não se degradam facilmente.

Segundo a Companhia do Estado de São Paulo (2024), a contaminação afeta ecossistemas marinhos como manguezais e recifes de corais, onde o óleo pode se acumular, prejudicando o desenvolvimento dessas áreas. Espécies

vulneráveis, como o coral-de-fogo, são impactadas (Ruggeri, 2022). O Ministério do Meio Ambiente alerta que o derramamento de óleo causa isolamento nos estuários, levando ao colapso da biodiversidade local (Brasil, 2024, 2020).

Os processos de intemperismo após um vazamento são influenciados por características do óleo, temperatura e correntes marítimas. A dispersão do óleo gera manchas na superfície da água, com óleos leves se dispersando mais rapidamente que os pesados (Companhia do Estado de São Paulo, 2024). Um estudo de Bruno Damasio (2021) no Estuário de Santos revelou altos níveis de contaminação por óleos e graxas, impactando a fauna e flora local. Ademais, no Canal de Santos, as concentrações médias de hidrocarbonetos alifáticos indicam contaminação significativa, representando riscos para o ecossistema marinho e saúde pública (Sheik et al., 2012).

Por fim, as análises de quantificação de óleos e graxas são essenciais para monitorar os impactos ambientais dos despejos industriais. O método Soxhlet é eficaz na extração e quantificação desses compostos em meio aquoso, permitindo comparação com os limites estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Este método é amplamente aplicado em análises ambientais, com eficácia de até 99% na remoção de compostos.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Óleos e graxas**

#### **2.1.1 Canais de Santos**

Segundo a Prefeitura de Santos, os canais de Santos se localizam no litoral Paulista, e na zona costeira de Santos. A Praia de Santos é cortada por 6 canais que se tornam divisas entre os trechos de praia que recebem nomes dos bairros aos quais pertencem. A numeração desses canais se inicia próximo à divisa com o município de São Vicente, e termina junto ao encontro com o canal

do Estuário de Santos, entrada e saída para o porto (Pontes et al, 2022). De acordo com Ruggeri (2022) a zona costeira representa um valor socioeconômico insubstituível ao homem.

A história dos canais de drenagem de Santos é marcada por um contexto de crise sanitária e a necessidade de infraestrutura para lidar com problemas de alagamento e epidemias. No passado, essa cidade teve surtos de doenças como varíola e febre amarela, que resultaram em altas taxas de mortalidade devido às precárias condições de higiene e saneamento. Para enfrentar esses desafios, o engenheiro sanitarista Francisco Saturnino Rodrigues de Brito projetou um sistema de canais de drenagem no início do século XX (MOSQUERA, et. al. 2020).

Esses canais foram concebidos para promover a circulação das águas e evitar o acúmulo que poderia levar à propagação de doenças. O projeto incluiu a implementação de um sistema de comportas, permitindo o escoamento das águas para o mar, juntamente com sedimentos acumulados. Ao longo do tempo, vários canais foram construídos, incluindo o Canal 6, inaugurado em 1919. (MOSQUERA, et. al. 2020).

Com o crescimento demográfico e a urbanização acelerada após a Segunda Guerra Mundial, surgiram novos desafios relacionados ao saneamento. A ocupação irregular de áreas sem infraestrutura adequada agravou a situação sanitária, levando à poluição das praias e comprometendo a qualidade das águas. Na década de 1990, iniciativas foram discutidas para melhorar a gestão do saneamento na cidade. Em 2019, surgiram programas como o "Canal Limpo", que visam limpar os canais e remover despejos clandestinos. (MOSQUERA, et. al. 2020).

O Canal 6 é uma região crítica em termos de poluição, recebendo efluentes industriais e passando constantemente por atividades de dragagem para manutenção da atividade portuária. Essas dragagens ressuspendem sedimentos ambientalmente contaminados, impactando as qualidades dos ecossistemas marinhos (Fundação Florestal, 2021).

A principal atividade no Canal 6 é o Porto de Santos, que ocupa mais de 7 milhões de m<sup>2</sup>. Essas atividades, aliadas aos esgotos domésticos, impactam intensamente a biodiversidade local (Fundação Florestal, 2021).

### **2.1.2 Vazamento de petróleo e a qualidade da água**

Os acidentes que afetam a qualidade da água e do sedimento estão frequentemente relacionados a vazamentos de produtos químicos e óleos diversos, como combustíveis, diesel, óleo combustível e petróleo. Notório enfatizar que as águas marinhas nos oceanos e mares tem sua predominância pela contaminação por derramamentos de óleo, causando poluição marinha. Esses vazamentos podem ocorrer em diferentes locais, incluindo embarcações, marinas, terminais, portos, postos de combustível flutuantes e gasodutos. Quando são liberadas no meio aquático, podem se espalhar e impactar o ambiente marinho (Fundação Florestal, 2021).

Segundo Davis e MacKnight (1990), as principais possíveis fontes dessa poluição no meio ambiente marinho e costeiro, levando em conta as regiões portuárias, podem ser: a geração de resíduos sólidos, efluentes e emissões atmosféricas dos navios que entram e saem do porto; a dragagem do canal de acesso; os reparos e manutenção dos navios no porto; e, a instalação de complexos industriais na zona portuária. Além disso, também é importante considerar: erosão e assoreamento localizados; introdução de espécies exóticas; substâncias nocivas e perigosas; derramamento de óleo; poeira e material particulado; e ruídos (AAPA, 1998).

Segundo Ruggeri (2022) derrames de petróleo nas águas do mar representam uma grande ameaça para o ecossistema marinho, com o crescente aumento de explorações de plataformas de petróleo e o transporte marítimo, também aumenta a quantidade de descargas ilegais de petróleo, de onde surge aproximadamente metade dos derrames de óleo no ecossistema marinho.

De acordo com o relatório da Federação Internacional de Poluição de Proprietários de Petroleiros, publicado em 2021, foram contados mais de 10.000 incidentes provenientes de derramamento de petróleo em mais de 100 países, por razões envolvendo fatores de danos estruturais, incêndios, explosões e colisões de transporte petroleiros, principalmente, navios tanque.

Como um dos principais efluentes de plataformas de petróleo tem-se que a água produzida é um importante tema devido a consequência de seu despejo no mar, onde seu tratamento pode nem sempre mostrar-se eficaz. A

contaminação da água e do solo são algumas das sequelas do despejo de água produzida de estações petrolíferas, e os tratamentos ainda enfrentam grandes desafios como a presença dos contaminantes e compostos orgânicos dissolvidos na água produzida. O tratamento da água produzida é feito visando o reaproveitamento do óleo ainda contido na emulsão assim como o descarte da água restante, seguindo os parâmetros estabelecidos para a preservação ambiental. Em sua composição orgânica e inorgânica, a água produzida detém frações de óleos e graxas (Streitenberger, 2022)

### **2.1.3 Vazamentos de óleos no Brasil.**

Na Baixada Santista, entre 1998 e agosto de 2016, foram registrados 244 acidentes que resultaram em contaminação da água. Desses, 146 opções no município de Santos. A análise desses incidentes revela uma média de aproximadamente 13 acidentes por ano, com um pico de 22 ocorrências em 2010 e nenhum registro em 2003. As causas dos acidentes incluem transporte aquaviário (30% dos casos) e transporte rodoviário (18%). Também foram identificadas manchas de poluição sem fonte conhecida, representando 15% dos acidentes (Fundação Florestal, 2021).

Em 2023 ocorreu um vazamento de aproximadamente 200 litros de óleo combustível durante o abastecimento de um navio no Porto de Santos. Enquanto em 2021, cerca de 2 mil litros de óleo diesel foram vazados do gerador do hipermercado Carrefour, que caíram no canal 6 onde se faz a drenagem de água para o mar. Ademais, em 2019, no Rio Grande do Norte, foi identificada uma mancha de óleo que posteriormente foi capaz de atingir até 11 municípios, a mancha foi catalogada em junho e até agosto do mesmo ano ela já havia atingido a faixa litoral de toda a região. A contaminação causada pelo óleo afetou o bioma das áreas afetadas, causando danos aos organismos marinhos e terrestres, assim como danos humanos e sociais, pelo consumo da pesca e do turismo regional (Ruggeri, 2022, pág. 36).

Um dos mais extensos derramamento de óleo do país, com um volume estimado de no mínimo 5.000 a 12.500 m<sup>3</sup> (Macêdo, 2022, pág. 118). Cerca de 119 unidades de conservação da costa marinha foram atingidos e apenas 42 dentre elas contavam com planos de manejos e 65% dessas áreas são de

proteção ambiental. Dada a sua imensa capacidade de dispersão e influência das correntes marítimas de forma imprevisível, dificultando medidas preventivas, e o óleo em pouco espaço de tempo se alastrou para outras unidades de conservação (Macêdo, 2022, pág. 120). Notou-se também a ausência de medidas e ações na resolução da problemática abrangente que a mancha de óleo representa para o ecossistema, onde os danos foram irreversíveis à vida marinha (Macêdo, 2022, pág. 118).

Em janeiro de 2020, segundo informações do IBAMA, 1.004 localidades do litoral do Nordeste e Sudeste brasileiro foram atingidas por vazamento de óleo desde 30 de agosto de 2019. No fim de novembro do mesmo ano do vazamento, logo após as manchas de óleo atingirem o Estado do Rio de Janeiro, o óleo nas áreas afetadas diminuiu, no entanto ainda foram necessários meses para concluir o recolhimento. O óleo persistiu, chegando às praias dos Estados nordestinos, Espírito Santo e Rio de Janeiro. O primeiro pronunciamento nacional acerca do problema ambiental, ocorreu somente 55 dias após início das manchas de óleo.

Em um trabalho de pesquisa, pesquisadores americanos e chineses usaram mais de 563 mil imagens de satélite para detectar cerca de 452 mil locais com manchas de óleo em mares de todas as regiões do mundo. Os pontos por vazamentos naturais de óleo representavam, segundo os dados, apenas cerca de 6% das áreas totais detectadas com a presença de óleo.

A análise confirmou frequentes vazamentos e descartes de óleo por infraestruturas de exploração de petróleo e gás no mar. O mapa global de poluição construído pelos cientistas aponta que os vazamentos ou lançamentos estão concentrados, principalmente, na área costeira, onde se concentram os navios, terminais e operações de carga e descarga. Através das imagens de satélite, os cientistas conseguiram identificar locais com elevada quantidade de manchas que coincidem com rotas de transporte marítimo, além de outras 82 mil manchas lineares cujo relacionamento com o escape dos navios é provável.

Em relação à quantidade de emissões vazadas, cerca de 47% dos acidentes não tinham estimativas de volume. Entre os que foram quantificados, 18% envolveram vazamentos menores que 50 litros. Os principais compostos vazados incluem óleo diesel (16%), óleo diesel marítimo (10%) e resíduos

oleosos (6%). Essas informações destacam a necessidade de monitoramento contínuo e ações efetivas para mitigar os impactos dos vazamentos na qualidade das águas pluviais e na saúde ambiental das praias de Santos (Fundação Florestal, 2021).

O Sistema Estuarino de Santos, São Paulo, enfrenta pressão ambiental devido à intensa industrialização, tornando-se um grande receptor de resíduos tóxicos e efluentes contaminados por diversos tipos de poluentes (LAMPARELLI et al, 2021) sendo vulnerável à poluição.

O estudo de Bruno Damasio analisou diversos aspectos das águas do sistema estuarino de Santos, entre eles, os níveis de concentração de óleos e graxas. Foram realizados testes para medir a concentração de hidrocarbonetos nas amostras coletadas em diferentes estações. A análise revelou que algumas áreas do estuário apresentavam altos níveis de contaminação por esses compostos, o que impacta diretamente a fauna local, incluindo os foraminíferos. Os compostos químicos que apresentam grupos carboidratos, aromáticos, fenólicos, estruturas alifáticas e impurezas minerais, chamados de AHs, foram encontrados com maior concentração no Alto Estuário, com valores variando entre 96,1 e 321,7 µg/g. Essa área está sendo mais impactada devido à maior proximidade com o Complexo Industrial de Cubatão, que libera uma grande quantidade de hidrocarbonetos.

As Misturas Complexas não Resolvidas (UCM), compostas por hidrocarbonetos recalcitrantes do petróleo, foram encontradas em maiores concentrações que os AHs resolvidos, sendo um indicativo de contaminação antiga e persistente no sedimento. Na região do Alto Estuário, as concentrações chegaram a 278,3 µg/g, podendo causar efeitos deletérios crônicos à fauna bentônica.

A razão entre a UCM e os AHs resolvidos foi utilizada como um indicador de degradação dos hidrocarbonetos. No Alto Estuário, essa relação foi a mais elevada (5,8), seguida pelo Canal de Santos (3,0), indicando uma alta presença de hidrocarbonetos não degradados.

No Canal de Santos, que inclui a região do Canal 6, as concentrações médias de hidrocarbonetos alifáticos foram de 66,9 µg/g, com variações entre 24,6 e 152,5 µg/g, indicando uma contaminação significativa, embora menor que

a de outras áreas mais impactadas do estuário. As concentrações de UCM no Canal de Santos variaram entre 16,2 e 130 µg/g, com uma média de 51,6 µg/g. A relação UCM/AHs resolvidos foi de 3,0, a segunda maior entre as regiões analisadas, sugerindo uma significativa presença de hidrocarbonetos não degradados, potencialmente oriundos de atividades portuárias e industriais.

Os Alquilbenzenos Lineares (LABs), indicadores de contaminação por esgoto doméstico, também foram detectados no Canal de Santos, com concentrações médias de 331,96 ng/g, variando entre 95,86 e 937,92 ng/g, sugerindo uma influência relevante de efluentes domésticos.

#### **2.1.4 Impactos da contaminação de óleos e graxas em ambientes marinhos**

Outrossim, torna-se importante destacar o intemperismo do óleo no mar, conhecido por ser um conjunto de processos naturais que ocorrem após um vazamento, alterando a composição e a toxicidade do óleo. Esses processos são influenciados por fatores como características do óleo, temperatura, radiação solar, ventos e correntes marítimas. Após o vazamento, a mancha de óleo se espalha horizontalmente na superfície da água devido a ventos, marés e ondas. O tipo e volume do óleo, bem como a rapidez da resposta ao vazamento, afetam a taxa de espalhamento; óleos pesados se espalham mais lentamente que os leves, e em águas calmas, o padrão é circular (Companhia do Estado de São Paulo, p.15, 2024).

Os compostos mais voláteis do óleo evaporam rapidamente, especialmente em dias quentes e ensolarados, com maior intensidade nas primeiras horas após o derramamento. Os hidrocarbonetos aromáticos se dissolvem na coluna d'água devido à ação das ondas e correntes, com maior intensidade nas primeiras 24 horas; óleos leves são mais solúveis que os pesados. A mancha de óleo se fragmenta em gotículas devido à agitação da água, um processo que começa na primeira hora e pode durar até um mês. A aplicação de dispersantes pode acelerar essa dispersão. (Companhia do Estado de São Paulo, p.16, 2024)

**Imagem 1:** Mancha de óleo densas nas primeiras 10 horas.



**Fonte:** (Companhia do Estado de São Paulo, p.16, 2024)

**Imagem 2:** Mancha de óleo intemperizadas, 24 a 48 horas.



**Fonte:** (Companhia do Estado de São Paulo, p.16, 2024)

O óleo também forma uma emulsão com água nas primeiras horas após o derramamento; essa emulsificação é mais intensa nos primeiros dias e pode persistir por até um ano. A luz ultravioleta aumenta a presença de oxigênio nos componentes do óleo, tornando-os mais tóxicos e solúveis na água; esse processo inicia-se na primeira hora e pode durar até um mês. Componentes pesados do óleo podem aderir a partículas sólidas e afundar, processo que ocorre intensamente entre 24 horas e um mês após o vazamento (Companhia do Estado de São Paulo, p.15 -16, 2024).

Além disso, bactérias e fungos degradam naturalmente os hidrocarbonetos em várias partes do ambiente marinho. A taxa de degradação depende da temperatura da água e da disponibilidade de oxigênio e nutrientes, sendo mais rápida em condições favoráveis. Esses processos resultam em mudanças visíveis na aparência do óleo ao longo do tempo, desde manchas densas até formas esparsas e fragmentadas. A resposta rápida ao vazamento é crucial para minimizar os impactos ambientais, especialmente em áreas sensíveis (Companhia do Estado de São Paulo, p.16-18, 2024)

Os ecossistemas marinhos mais importantes dessa localidade, caracterizados por uma vasta biodiversidade que apresenta mangues, recifes de corais, baías dunas etc. (Ruggeri, 2022), desempenha um papel crucial do planeta, tanto pela sua produtividade biológica quanto pela relevância para as atividades humanas (FERREIRA et al, 2020). Entretanto, esses ambientes são vulneráveis às toxinas de origem humana devido a ações econômicas, turismo, erosão, aquicultura e mineração marinha (Ruggeri, 2022). De acordo com o Ministério de Meio Ambiente (MMA), mesmo com a diversidade de unidades de conservação da costa marinha presentes no litoral brasileiro, o número ainda não é suficiente para proteger integralmente a costa, principalmente devido à expressão territorial juntamente com seu domínio oceânico, representando apenas 26,46% de Área Marinha Protegida, correspondente a uma área de 963.698,62 km<sup>2</sup> (Nascimento et al, 2022).

Por exemplo, em 2019, ocorreu um vazamento de óleo bruto no litoral do Brasil equivalente ao um volume que ficou entre 5000 á 12.500 m<sup>3</sup> que atingiram 11 Estados. Identificado oficialmente em 30 de agosto de 2019, em todos os Estados da Região Nordeste, e, posteriormente, nos estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, na Região Sudeste (Araújo et.al, 2020). De acordo com o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) foram atingidos 11 estados, 130 municípios e 1.009 localidades no território brasileiro, que apresentavam manchas ou vestígios de petróleo (BRASIL, 2020b). Segundo Shinohara (2019) esse derramamento de óleo teria ocorrido entre 270 e 600 Km do litoral, tendo como ponto de partida os estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. A facilidade com a que o óleo se dispersou no mar, juntamente com a correnteza marinha e a falta de ações de contingências rápidas colaborou para os impactos irreversíveis causados à vida marinha.

Nesse contexto, recifes de arenitos e submersos foram severamente impactados, manguezais, costões rochosos, praias, animais de água costeira e de zonas estuarinas, inclusive espécies ameaçadas de extinção como o Coral-de-Fogo (*Millepora alcicornis*), o que afetou a oferta de serviços ecossistêmicos desses recursos que são fundamentais para produção de nutrientes, alimentos e recreação (MEIRELES et al., 2020).

De acordo com Magris e Giarrizzo (2020) pelo menos 27 espécies das águas costeiras brasileiras (profundidade < 100m) estão ameaçadas e vulneráveis ao óleo, incluindo 11 peixes cartilagíneos (por exemplo, *Sphyrna tudes*), 10 peixes ósseos (por exemplo, *Hippocampus reidi*), cinco invertebrados (por exemplo, *Mussismilia braziliensis*) e dois mamíferos (*Sotalia guianensis*, *Trichechus manatus*).

**Imagem 3:** Tartaruga marinha coberta com petróleo, no Rio Grande do Norte



**Fonte:** Oliveira (2019)

Deixando um rastro tóxico por milhares de quilômetros no mar, o petróleo trouxe prejuízos a diversos ecossistemas, como manguezais e recifes de corais que apresentam um estágio mais difícil de serem limpos com alto risco de contaminação durante anos (Uchôa, 2019). Ambos os ecossistemas possuem sensibilidade nível 10, o mais alto na escala das Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Óleo, publicadas pelo Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2004).

Em zonas estuarinas, como o estuarino do Rio Ariquindá em Tamandaré, litoral de Pernambuco.

Pernambuco, também foi encontrado potenciais concentrações de óleo com alta abundância numérica na pluma estuarina (Campelo et al., 2020). De acordo com Araújo et.al (2020) quando esses ambientes são afetados por poluentes de petróleo a conectividade entre eles é perturbada e as populações de espécies tornam-se isoladas e dificilmente sobrevivem em condições extremas, desaparecendo no médio e longo prazo.

Para Campelo et al. (2020) esse derramamento de óleo representa um problema invisível na teia alimentar marinha, uma vez traços de ingestão de óleo foram observados em organismos microzooplanctônicos como os *copépodes*, que servem de alimento para *cetáceos*, peixes e aves marinhas, e que são fundamentais na base da cadeia alimentar. Isso coloca em colapso a estrutura de nutrição e alimentação da fauna, ocasionando perda de biodiversidade e aumento de insegurança alimentar, principalmente, na região nordeste que já apresenta alto nível de vulnerabilidade socioeconômica e de desigualdade social.

Mesmos os contaminantes orgânicos e inorgânicos, a exemplo dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), sejam encontrados em baixas concentrações em estuários por diversas fontes, essas emissões representam riscos consideráveis para a vida aquática (Sheik et al, 2012). Muitos desses contaminantes têm capacidade de se inserir nas cadeias alimentares, levando a bioacumulação e biomagnificação, o que prejudica os organismos e a saúde humana que consome esses seres contaminados (Singh et al, 2011). Os moluscos bivalves desempenham um papel crucial na dinâmica devido à sua natureza filtradora, acumulando partículas em seus tecidos.

Além da contaminação dos organismos, o derramamento de grandes quantidades de óleo é capaz de formar uma cobertura sobre a água, interferido na passagem da luz, componente essencial para a vida marinha e, parte do processo de geração de oxigênio através da fotossíntese. A incapacidade dos organismos marinhos realizarem a fotossíntese, prejudica também, a respiração de outros seres marinhos da região, devido à baixa produção de oxigênio. A

cobertura de óleo formada na camada superior da água, também impede a passagem de ar atmosférico para o ambiente marinho.

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), óleos pesados e viscosos, como petróleo e seus derivados, quando em meio marítimo, podem fazer com que os animais marinhos, vegetais e recifes de corais que venham a estar em contato com a água contaminada, sofram esse recobrimento do óleo, impedindo que façam suas outras atividades necessárias no ambiente além da fotossíntese, como sua respiração, excreção e alimentação. Ademais, pode prejudicar a migração de espécies, bem como desregular a temperatura corporal, causando "estresse térmico" no organismo marinho, podendo levar o mesmo a fatalidade.

A duração da contaminação decorrente do derramamento de óleo nos oceanos pode variar de semanas até décadas. Levando em consideração fatores como temperatura da água, direção dos ventos e correntes, assim que ocorre o vazamento do óleo, a área afetada pode se estender e percorrer uma trajetória em múltiplas direções, aumentando a área de impacto do vazamento. Um grande exemplo de cenário existente de vazamento de óleo, tem-se a questão do petróleo, que durante o processo de transporte para as refinarias por meio de navios e oleodutos, pode causar um vazamento nas águas oceânicas, resultando na destruição ambiental da biodiversidade marinha (Madhu et.al, 2020).

O tipo de óleo e a suas quantidades, influenciam na duração do período de contaminação. Quanto maior for a quantidade e mais pesado for o óleo vazado, por mais tempo durará a ação do óleo. Fatores como, salinidade da água na região, a quantidade de nutrientes e a oxigenação, também interferem no processo de contaminação. Águas com alto índice de oxigenação, proporcionam uma maior ação de microrganismos capazes de decompor o óleo, diminuindo a contaminação no local.

A contaminação das regiões marinhas e de seus ecossistemas, prejudica a atividade pesqueira, e a vida daquele que depende da pesca para sobreviver e garantir uma renda. Além da morte dos peixes dificultar a pesca, os peixes sobreviventes que são pescados, muitas vezes não podem ser comercializados devido a contaminação.

Os mexilhões e ostras desempenham um papel fundamental como filtradores naturais, removendo partículas em suspensão, incluindo toxinas como os HPAs (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), da água do mar. No entanto, essa capacidade de filtração também os torna vulneráveis à bioacumulação de contaminantes. Em áreas de poluição intensa, como zonas industriais e estuarinas, essas espécies podem acumular quantidades perigosas de HPAs em seus tecidos (Farias, 2021).

Os mexilhões, como o *Perna perna*, tendem a acumular maiores concentrações de elementos como Ni, Fe e HPAs, devido à sua elevada capacidade de filtração. Já as ostras, como a *Crassostrea rhizophorae*, apresentam mecanismos de autodetoxicação que permitem acumular elementos como Cd, Zn e Cu sem sofrer danos imediatos. Ambos os organismos são usados como bioindicadores de poluição ambiental, porém, os altos níveis de contaminantes encontrados no sistema estuarino de Santos indicam que esses bivalves são impróprios para o consumo humano, dada a relação entre esses contaminantes e o risco de efeitos carcinogênicos e mutagênicos (FARIAS, 2021).

A contaminação por HPAs não afeta apenas a saúde humana, mas também compromete as biotas marinhas. Esses contaminantes podem interferir nos processos fisiológicos essenciais nos moluscos, como a filtração e a alimentação, causando estresse nos organismos. Além disso, o acúmulo de HPAs nos tecidos desses animais pode transferir essas substâncias ao longo da cadeia alimentar, representando um risco tanto para o ecossistema quanto para a saúde pública (FARIAS, 2021). Segundo APHA (1992) uma quantidade excessiva de óleos e graxas em um efluente de tratamento primário pode interferir no tratamento biológico, promovendo a formação de um filme sobre a superfície líquida, impedindo a entrada de luz e assim comprometendo a aeração e, por consequência, interferindo na vida marinha da região (Ucker et al, 2023).

De acordo com um estudo realizado no sistema estuarino de Santos, foram detectados níveis preocupantes de HPAs tanto em ostras *Crassostrea rhizophorae* quanto em mexilhões *Perna perna*. As concentrações de HPAs nos mexilhões variaram de 96,94 µg/kg a 988,76 µg/kg, enquanto nas ostras os níveis ficaram entre 88,38 µg/kg e 138,62 µg/kg. Essas concentrações são

comparáveis a ambientes com contaminação crônica por hidrocarbonetos. Os mexilhões são mais suscetíveis à contaminação, pois filtram mais partículas suspensas na água em comparação com as ostras. O estudo ressalta que ambos os bivalves estão expostos a níveis alarmantes de contaminantes, reforçando que seu consumo pode ser prejudicial à saúde devido à bioacumulação de substâncias tóxicas (FARIAS, 2021).

### **2.1.5 Vazamento de petróleo e seus derivados, e os danos à saúde humana**

A composição química presente no refino do petróleo se integra de componentes como o tolueno, benzeno, e xileno, sendo todos hidrocarbonetos aromáticos, compostos que em sua estrutura molecular são formados somente por ligação entre carbono e hidrogênio, que cimenta uma cadeia fechada em estrutura do anel benzênico. Normalmente tendem a apresentar, quando ingeridos, toxicidade pulmonar, embora, dependendo do composto, pode ocorrer neurotoxicidade, toxicidade cardiovascular, renal, hepática, cutânea e/ou hematológica. Estes compostos estão empregados no petróleo, gasolina e óleo diesel, sendo utilizado por veículos de transporte e embarcações, como navios petroleiros, ainda por cima está presente na produção de óleos lubrificantes (Cetesb, 2020).

Ademais, durante o envolvimento de muitos civis no incidente de vazamento de óleo no litoral nordeste brasileiro, houve muitos casos de intoxicação. No desastre de 2019, mutirões de pessoas se voluntariaram para a limpeza das praias que contou com o apoio de técnicos e colaboradores dos órgãos ambientais estaduais e municipais. Voluntários como barraqueiros, motoristas de Jipe, moradores e pescadores, bem como Organizações Não-Governamentais. Sobre a limpeza das praias por voluntários, o IBAMA ressaltou que era preciso evitar o contato direto com o petróleo sem equipamentos apropriado, como uso de botas quando há grandes volumes de óleo, luvas de proteção, macacão tipo Tyvek para remoção de volumes consideráveis de óleo na água, máscara para proteger as vias respiratórias e óculos de proteção quando há possibilidade de contato do óleo com os olhos (BRASIL, 2023).

No entanto, no Brasil, foram notificados dezenas de casos de intoxicação por petróleo cru que entre os sintomas hospitalizados, obtiveram: alterações

cardíacas e dor no peito, falta de ar, irritação na garganta, tosse, ansiedade, cansaço, dor de cabeça, dormência, irritação nos olhos, diarreia, dor abdominal, náuseas, vômito e irritação na pele (Falcorene, 2019). Entretanto, esses registros se referem apenas aos casos que foram notificados ao Ministério da Saúde, ou seja, provavelmente não representa o número total de pessoas expostas que apresentaram alguma sintomatologia (Carmo et.al,2020).

Além desse fator, diversos trabalhadores e trabalhadoras, serviços e atividades também foram impactados negativamente. Câmara et al. (2021) mapearam 53.472 estabelecimentos que sofreram algum tipo de exposição nos locais afetados por esse derramamento de óleo, sendo 30.918 com alto nível de exposição, principalmente as atividades da “economia oceânica”, como os serviços de alimentação e de turismo.

Segundo Magris e Giarrizzo (2020) pelo menos 800.000 pessoas podem ter sido seriamente afetadas por esse desastre ambiental, em especial, os pescadores artesanais.

Como se observa, o contexto de um vazamento de óleo trata-se de um desastre socioambiental responsável por diversos impactos negativos à saúde e às atividades humanas e aos ecossistemas marinhos e continentais. Causando problemas de curto, médio e longo prazo, o que traz mais desafios à ciência, ao sistema de saúde pública, e às políticas de proteção à diversidade biológica.

De acordo com o Sharper et al. (2019, p. 472), o envolvimento dos membros da comunidade nos esforços de recuperação é importante para mitigar os efeitos adversos dos desastres e acelerar o processo de reconstrução das comunidades impactadas. Contudo, além de doenças relacionadas a exposição ao petróleo, durante ações em que ocorre a inalação, ingestão e contato, Erickson et al. (2019) chama atenção para o calor, como um outro fator agravante. Para alguns usuários certos tipos de Equipamento de Proteção Individual (EPIs), aliados ao calor metabólico atribuído às atividades de limpeza e às temperaturas de países tropicais, como o Brasil, podem gerar outras doenças relacionadas ao calor que incluem câimbras de calor, síncope de calor, exaustão por calor, lesão por calor e insolação. Por isso a necessidade de mais estudos que explorem a participação na limpeza de derramamentos de óleo (SHARPER et al., 2019).

A análise do teor de óleos e graxas (TOG) em águas descartadas no mar, realizada por José Marques de Oliveira Júnior, demonstra a importância do uso de métodos precisos para o controle de poluentes. O trabalho enfatiza que a medição de TOG, que é fundamental para evitar danos ambientais, pode ser realizada por métodos como o gravimétrico, exigido pela legislação, mas com desafios operacionais. O estudo investiga a eficácia de modelos baseados em dados para fornecer estimativas mais rápidas e confiáveis, comparando-os com sistemas tradicionais de monitoramento. (Junior, 2022)

Além dos desafios relacionados à logística e à defasagem de resultados nos métodos convencionais, o estudo propõe alternativas com base em modelos de redes neurais recorrentes, como LSTM (Long Short-Term Memory) e combinações de CNN (Redes Neurais Convolucionais) com LSTM. Esses modelos foram capazes de gerar estimativas de TOG com maior precisão e em intervalos de tempo menores, o que pode auxiliar na tomada de decisões corretivas de forma mais ágil. Dessa maneira, a pesquisa contribui para a melhoria do monitoramento ambiental em plataformas offshore, mitigando riscos de multas e danos ambientais causados pelo descarte inadequado de água produzida.

A pesquisa destaca ainda que o uso de modelos baseados em dados pode complementar os métodos tradicionais, proporcionando uma análise contínua e mais frequente do teor de óleos e graxas nas águas descartadas no mar. Isso é especialmente importante devido às limitações dos métodos convencionais, como o gravimétrico, que requerem a coleta e envio de amostras para laboratórios onshore, o que atrasa a obtenção de resultados. Com a aplicação de redes neurais e técnicas de aprendizado de máquina, os modelos propostos podem ser utilizados diretamente no ambiente offshore, oferecendo previsões em tempo real e ajudando a reduzir o impacto ambiental do descarte de efluentes.

Além dos benefícios operacionais, o estudo também aborda a importância de técnicas como a otimização de hiperparâmetros e a seleção de atributos no desenvolvimento dos modelos de estimativa. Essas técnicas garantem que o desempenho do modelo seja maximizado, evitando problemas como overfitting e subajuste. A implementação de métodos como o Random Forest para a

seleção de variáveis relevantes é citada como crucial para reduzir a complexidade do modelo sem comprometer a precisão das estimativas. Dessa forma, o trabalho demonstra que o uso de ciência de dados pode melhorar significativamente a eficácia no controle do teor de óleos e graxas, promovendo um monitoramento mais sustentável e alinhado às exigências ambientais.

Porém, importante salientar que na situação dos vazamentos de óleo, a realização da sua descontaminação eficiente e limpeza imediata, a fim de se livrar das camadas oleosas, concebe uma dificuldade a questão, já que as técnicas disponíveis e utilizadas pelo próprio órgão público da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), envolve o uso das técnicas clássicas físicas, químicas, térmicas e de biorremediação, incluindo barreiras, skimmers, adsorventes, surfactantes, dispersantes e biorremediação para remoção desse contaminante na água, no entanto, essas técnicas não promovem uma taxa de limpeza completa do local afetado, devido a capacidade persistente do óleo na água, resultando durante sua remoção apenas uma diminuição do nível de poluição por óleo no local (Dave et.al, 2011).

#### **2.1.6 Análise de óleos e graxas em canais**

No estudo realizado, observou-se que a presença de óleos e graxas no ambiente aquático contribui para a contaminação da água e sedimentos, o que pode ser identificado por meio de análises físico-químicas, como a medição do teor desses compostos nas amostras de água coletadas em diferentes pontos de canais. Os óleos e graxas, frequentemente presentes em corpos d'água contaminados, são considerados poluentes devido à sua persistência e capacidade de impactar tanto a qualidade da água quanto a saúde do ecossistema local. A análise desses compostos em ambientes marinhos, como a realizada nos canais estudados, é fundamental para monitorar os efeitos de atividades humanas, como despejo de esgoto e efluentes industriais, controle dos padrões de qualidade do ambiente, onde é realizado o descarte dos óleos e graxas, ajudando a identificar áreas críticas e propor medidas de mitigação (Massoneto et al, 2020).

A presença de óleos e graxas nas águas analisadas indica uma significativa poluição proveniente de diversas fontes, como esgoto e atividades

industriais. Esses poluentes podem formar uma camada superficial sobre a água, impedindo a troca gasosa e afetando a fauna e flora aquáticas. No estudo, a análise dos sedimentos também demonstrou que esses compostos, uma vez depositados no fundo dos canais, podem ser fontes contínuas de contaminação, influenciando a qualidade da água ao longo do tempo. Isso evidencia a importância de um monitoramento constante e de medidas eficazes de tratamento dos efluentes para reduzir o impacto ambiental. Além disso, o acúmulo de óleos e graxas nos sedimentos pode agravar o problema ao dificultar a degradação natural desses compostos e prolongar sua presença no ambiente. Esse cenário potencializa os danos ecológicos, pois afeta organismos bentônicos e interfere nos processos naturais de depuração das águas. O estudo também sugere que a variabilidade nas concentrações de óleos e graxas ao longo dos diferentes pontos monitorados reflete a complexidade das fontes de poluição e a necessidade de estratégias de controle específicas para cada localidade. Essas estratégias incluem não apenas o tratamento adequado dos efluentes, mas também a fiscalização rigorosa das atividades industriais e urbanas que contribuem para o lançamento desses poluentes (Massoneto et al, 2020).

A persistência de óleos e graxas nos ambientes aquáticos, conforme indicado pelo estudo, pode causar impactos a longo prazo, pois esses compostos não são facilmente degradados e podem ser transportados para outras áreas, aumentando o risco de contaminação em regiões adjacentes. Além disso, a interação desses poluentes com outros contaminantes, como metais pesados, pode intensificar os efeitos negativos no ecossistema, afetando tanto a vida marinha quanto a qualidade da água para uso humano. O monitoramento contínuo e detalhado, como o realizado nos canais, é fundamental para a identificação das tendências de poluição e para a implementação de medidas de controle mais eficazes, visando a proteção dos recursos hídricos (Massoneto et al, 2020).

O estudo também ressalta que a presença de óleos e graxas, combinada com outros poluentes, pode prejudicar significativamente o processo de recuperação natural dos corpos d'água, uma vez que tais substâncias interferem nos ciclos biogeoquímicos, como a fotossíntese e a respiração de organismos aquáticos. Esse cenário não só afeta a biodiversidade local, como também

compromete a qualidade da água para diversas finalidades, como recreação, pesca e até mesmo abastecimento. Dada a complexidade do problema, o estudo aponta para a necessidade de soluções integradas que combinem tecnologias avançadas de tratamento de efluentes, além de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável dos recursos hídricos e a conscientização da população sobre a importância de reduzir a poluição (Massoneto et al, 2020).

### **2.1.7 Desastres ambientais envolvendo óleos e graxas**

No cenário de desastres ambientais causados por derramamento de petróleo, os impactos negativos à saúde e ao meio ambiente são inevitáveis. Os agravos à saúde – entendidos por danos à integridade física, mental e social dos indivíduos – e a poluição ambiental, como a contaminação da água e da biota, são potencializados, principalmente, pela falta de legislação específica de execução em agir para conter derrames de óleo. No desastre ambiental por derramamento de petróleo no Brasil, em 2019, a inexistência do manual do Plano Nacional de Contingência para Incidentes de Poluição por Óleo (PNC) dificultaram as ações dos agentes para a solução do problema já que não se sabia como executá-lo de forma prática (Graghani 2019). Ademais, a demora do governo brasileiro para acionar o PNC, que já está instituído no Decreto Federal nº 8.127 desde 2013, também dificultou as ações, principalmente de mitigação imediatas e de modelos de simulações sobre o deslocamento das manchas (Francini, 2019)

O PNC deverá ser acionado em caso de acidentes de maiores proporções, nos quais a ação individualizada dos agentes diretamente envolvidos (poluidor) não se mostrar suficiente para a solução do problema. O PNC somente será acionado em incidentes de poluição por óleo julgados de significância nacional pelo Grupo de Acompanhamento e Avaliação, após esgotados os recursos do Plano de Emergência Individual (PEI) da instalação envolvida e do Plano de Área da localidade, se houver (Ibama, 2022)

Atualmente os desastres estão como uma das maiores preocupações nas políticas globais e locais de desenvolvimento sustentável, já que em muitos casos seus efeitos devastadores serão observados ou sofridos também pelas

gerações futuras. Por isso, estão incluídos na declaração dos novos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) – que vêm sendo implementados desde 2015 pelas Nações Unidas – como no Objetivo 11 “de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, abordando na meta que:

Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai Para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis. (Nações Unidas, 2020).

O Decreto nº 7.257 de 04 de agosto de 2010, artigo 2, inciso II no que diz respeito a ações de prevenção e mitigação de desastres e assistências as vítimas, define desastre como “resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (BRASIL, 2010,

O petróleo é um óleo concebido a partir da decomposição de matérias orgânicas e minerais em conjunto com as rochas sedimentares que se origina por ações químicas e bacterianas (MORTARI, 2019). A Lei Federal do Petróleo nº 9.478 de 06 de agosto de 1997, que disciplina e regula as atividades de pesquisa e lavra das jazidas de petróleo, bem como cria a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), define em seu artigo 6º, inciso I, petróleo como “todo e qualquer hidrocarboneto líquido em seu estado natural, a exemplo do óleo cru e condensado”, nos quais seus derivados como a querosene, a gasolina e o diesel corresponde aos produtos decorrentes da transformação do petróleo (BRASIL, 1997).

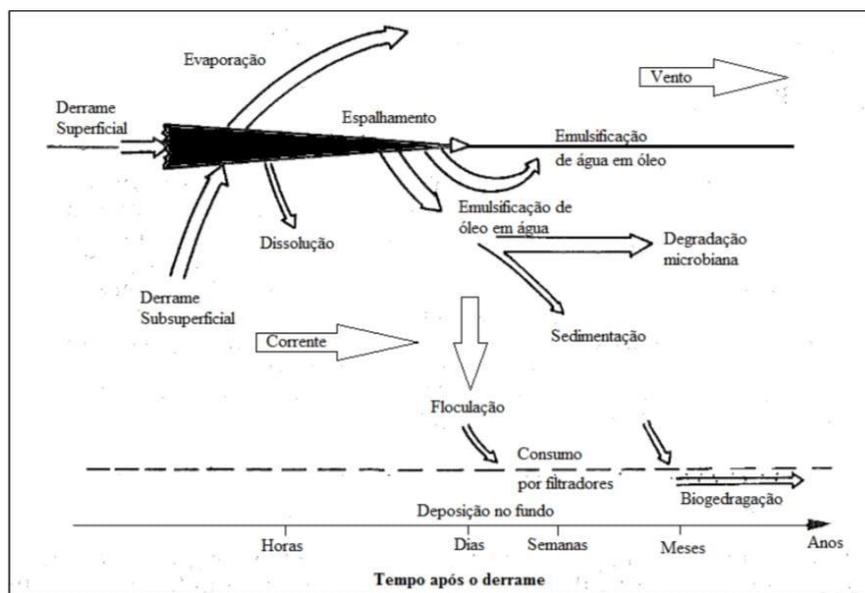
Quando exposto ao ambiente aquático, como por exemplo, o marinho, o petróleo passa por vários processos ao longo da sua trajetória o que marca diversas modificações na composição química do produto que podem durar de horas a anos. Meireles et al. (2020<sup>a</sup>) definem esses processos como intemperismo do petróleo representado na Imagem 4, ou seja, conjunto de

processos físico-químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e a decomposição do petróleo.

**Imagem 4:** Explicação de cada processo do intemperismo do petróleo na água

Processos	Significados	Referência
Evaporação	A partir do momento que o petróleo entra em contato com a água, inicia-se o processo de evaporação, ou seja, a perda para atmosfera dos compostos mais voláteis/leves. Já que o petróleo é um composto muito complexo, seus componentes possuem diferentes taxas de ebulição. Além disso, quanto maior a densidade do óleo menor a taxa de evaporação. Este processo corresponde as transformações mais significativas sobre a composição do óleo.	Paladino (2000); Meireles et al., (2020a).
Dissolução	A dissolução ocorre quando as moléculas do solvente (água) envolvem as partículas do soluto (petróleo), dissolvendo-as. A dissolução é um processo importante do ponto de vista de possíveis danos biológicos, embora seja responsável por apenas uma fração desprezível do balanço de massa do óleo.	Shen e Yapa (1988).
Espalhamento	O espalhamento é um dos processos mais importantes no estágio inicial da transformação da mancha de óleo, devido à influência da área de superfície da mancha de óleo nos processos de intemperismo, como evaporação e dissolução. É determinado pelo equilíbrio entre as forças gravitacionais, viscosas e de tensão superficial, além de ser influenciado pela diluição turbulenta.	Shen e Yapa (1988).
Emulsificação	É um dos processos mais importantes no que diz respeito à persistência do óleo na superfície da água. Relaciona-se a mescla de dois fluidos imiscíveis, como o óleo e a água, promovida pela mistura física causada pela movimentação na superfície do mar, onde gotas de água ficam suspensas no óleo, transformando o óleo em uma mistura muito viscosa. Este processo pode aumentar em até 4 ou 5 vezes o volume em relação ao volume inicial do derrame.	Rasmussen (1980); Paladino (2000); Meireles et al., (2020).
Sedimentação	O óleo pode se aderir a partículas presentes na coluna d'água e superfície, aumentando a densidade das partículas fazendo com que elas afundem.	Paladino (2000).
Floculação	Quando a densidade do óleo é próxima ou maior que a da água, este começa a afundar formando bolhas/flocos.	Paladino (2000).
Consumo por organismos filtradores	Organismos como peixes, crustáceos e moluscos - que tem característica filtradora de alimentação - absorvem e retêm partículas sólidas, entre os quais vários poluentes, como os advindos do petróleo.	Voyko; Petrov, 1975.
Biodegradação	A biodegradação é uma a atividade que acontece por meio de microrganismos. Nesse processo ocorre a degradação do óleo pela ação de bactérias e outros organismos naturalmente presentes no ambiente, principalmente na interface óleo-água. Porém, a eficiência da biodegradação pode ser reduzida em virtude de os compostos hidrofóbicos serem imiscíveis em solução aquosa e por estarem adsorvidos às partículas de sedimento, limitando sua biodisponibilidade à microbiota.	Claro (2017); Meireles (2020).

**Fonte:** Silva, Luiz 2020

**Imagem 5:** Intemperismo do óleo em ambiente aquático

**Fonte:** Adaptado de Rasmussem (1985); Shen e Yapa (1988); Paladino (2000); Meireles et al., (2020)

Dessa forma, dentre os desastres ambientais mais graves que ameaçam a biodiversidade, a saúde e as atividades humanas estão os que envolvem petróleo, em virtude da sua composição química altamente tóxica principalmente quando em concentrações elevadas.

O derramamento de óleo é uma questão mundial que polui o solo, a água subterrânea, os rios e o oceano, resultando na destruição de propriedades, recursos biológicos e vida humana (Ahmed et.al, 2018). Isso acontece, porque leva muito tempo para o meio ambiente realizar sua autodepuração, já que os hidrocarbonetos são complexos e se decompõem de modo extremamente lento.

Novas maneiras de combate e remoção da contaminação por óleo em água vêm sendo pesquisadas atualmente, com objetivo encontrar soluções mais eficazes e de baixo custo para a resolução do problema. O uso de tensoativos surge como uma alternativa para a remoção de óleos e graxas, e o óleo de girassol, por exemplo, pode servir para facilitar o processo de remoção de óleos com tensoativos, devido a suas propriedades emulsificantes, como mostra o artigo da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), do ano de 2022.

Além disso, por ser encontrado no solo de diversos países, o óleo cru apresenta uma complexa e variável composição química e propriedades físicas o que dificulta ainda mais o tratamento de áreas contaminadas por essas

substâncias (Heidersh et al., 2016). “Em alguns casos, biomarcadores para um óleo específico podem ser usados para identificar regiões de impacto correspondentes a um derramamento” (Ferguson et.al, p.2, 2019,).

No Brasil, de acordo com a Companhia do Estado de São Paulo o Decreto de 8.848 de 8 de setembro de 1976, o capítulo II, seção I, do artigo 10 ao 12, indica que para águas salobra e salinas de classe 1 a 4, substância solúveis em hexana, como é o caso de óleos e graxas, devem estar virtualmente ausentes. Ou seja, em um nível tão baixo que se torne irrelevante e indetectável pelos métodos de quantificação.

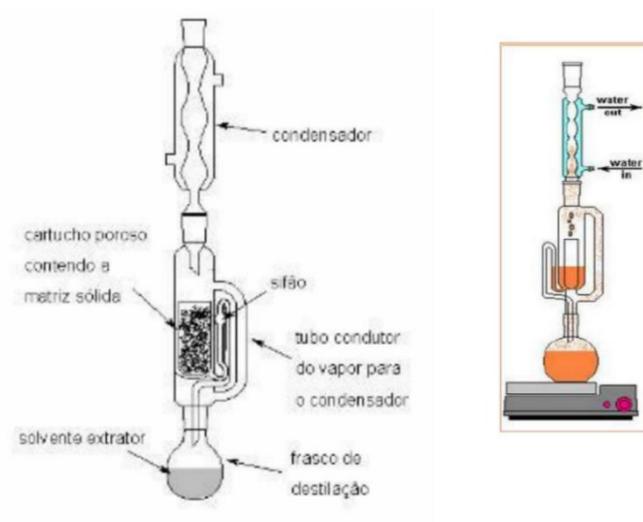
## **2.2 Método Soxhlet**

### **2.2.1 Funcionamento geral do método Soxhlet**

O método soxhlet é utilizado para extrair e determinar compostos diversos presentes em uma solução a ser analisada, tendo como exemplos, os óleos e graxas, lipídios e aldeídos. O processo de extração ocorre a partir da evaporação do solvente (etanol, éter etílico ou n-hexano, por exemplo)

caracterizado pela interação com compostos específicos; a evaporação ocorre diante do aquecimento do balão de fundo chato onde está presente o solvente, interligado por meio de outros equipamentos ao restante do sistema; após a evaporação, o solvente retorna ao seu estado líquido por meio do sistema montado, que proporciona o resfriamento do solvente, através do condensador e a passagem de corrente de água fria. O solvente em estado líquido entra em contato com o cartucho contendo a amostra, ocasionando na separação dos resíduos da solução armazenada no cartucho. Ao atingir certo volume, o sifão conduz o solvente juntamente com as substâncias que foram dissolvidos no processo, de volta para o balão em aquecimento. A etapa de aquecimento do solvente retorna, evaporando-o novamente no balão de fundo chato, porém, devido a temperatura de aquecimento não ser suficientemente alta os compostos extraídos permanecem no balão de fundo chato; o solvente evaporado passa novamente por todo o sistema, ao fim voltando para o balão para ser aquecido novamente, o processo é realizado em repetição por horas para garantir sua máxima eficácia de extração.

**Imagem 6:** Sistema extrator soxhlet



Fonte: BRAZACA, 2016

Após o processo de extração estar completo, o recipiente contendo o solvente e os compostos extraídos, são submetidos a aquecimento com intuito da evaporação do solvente, restando somente os compostos a serem quantificados. A quantificação ocorre por meio da pesagem e da diferença de peso, entre, o recipiente vazio (antes do processo de extração) e o mesmo contendo os compostos extraídos (posterior ao processo de extração), caracterizando uma análise de quantificação gravimétrica.

## 2.2.2 Áreas que utilizam o extrator Soxhlet

Diferentes áreas utilizam o método soxhlet para extração de substâncias diversas. Em análises ambientais laboratoriais o método de extração soxhlet é utilizado na análise de poluentes orgânicos, devido a sua capacidade de interagir com substâncias orgânicas, como os lipídios. Na fitoquímica, auxilia na extração de bioativos, tal como o extrato etanólico de plantas, ervas e sementes, úteis na indústria farmacêutica e cosmética. Na determinação do teor de gordura em alimentos e bebidas, contribuindo para a análise dos parâmetros regulamentares de qualidade. Pode ser empregado também na análise de polímeros, com a extração de compostos e substâncias, comumente os aldeídos presentes na composição destes polímeros, com eficácia de até 99%.

### **2.2.3 Justificativa da metodologia**

A escolha do método soxhlet e da análise gravimétrica como metodologia para o trabalho de conclusão de curso, deve-se a suas eficiências e praticidades nos processos de extração e quantificação de óleos e graxas em meio aquoso.

Sendo assim, possível a comparação entre a quantidade obtida de óleos e graxas ao fim dos processos, com a quantidade limite redigida para águas litorâneas pelo órgão regulador do estado de São Paulo (CETESB).

Dentro do cenário crescente de derramamento de óleos e graxas no mar, em paralelo com suas respectivas características físico-químicas, levanta-se a hipótese do método de soxhlet ser o mais eficiente da quantificação de óleos e graxas em meio aquoso em escala laboratorial, considerando fatores econômicos de análise e quantificação dos poluentes.

### 3. INFORMAÇÕES REFERENTE A COLETA DA AMOSTRA

**Imagem 7:** Armazenamento e preservação de amostras para ensaios de óleos e graxas totais

Ensaio	Classe da Amostra	Recipiente (1)	Quantidade de Amostra	Preservação	Armazenamento	Prazo de Validade (2)
Óleos e Graxas totais	A, B, C	VA BL (3)	1L	HCl 1+1 até pH <sub>s</sub> 2 Resfriamento (em gelo)	Refrigeração a 4°C ± 2°C	28 dias

Fonte: CETESB 2011

### Legenda da Imagem 1:

As classes das amostras devem ser do tipo **A** – amostra de água tratada; **B** – amostra de água bruta; **C** – amostra de água residuária. O tipo de recipiente a ser utilizado para a coleta das amostras deve ser especificado como **VA** – frasco de vidro âmbar; **BL** – boca larga; **(3)** – com tampa de rosca e septo de teflon.

A quantidade recomendada das amostras a serem coletadas é de **1 litro**. Para garantir uma melhor preservação, deve-se adicionar imediatamente de duas em duas gotas de ácido clorídrico (**HCl**) à amostra, utilizando uma conta-gotas e papel pH para verificação, após a coleta. O objetivo é ajustar o pH para igual ou menor que 2, promovendo a estabilização dos constituintes de interesse por um período mais prolongado (CETESB, 2011).

As amostras devem ser armazenadas em condições refrigeradas, a uma temperatura de **4°C ± 2°C**. O prazo de validade das amostras é de **28 dias**.

O presente grupo realizará a coleta de 4 frascos de 500 mL de amostra das águas litorâneas do Canal 6 de Santos – SP. Um desses frascos será utilizado para a análise quantitativa de óleos e graxas, enquanto os outros três serão mantidos como reserva para eventuais acidentes. O método proposto para a análise é a extração a quente com solvente, utilizando éter etílico pelo Extrator Soxhlet.

## 4. LIMPEZA E PREPARO DOS FRASCOS PARA COLETA DAS AMOSTRAS

### 4.1 MATERIAIS

- 4 frascos de vidro **VAR BL (3)** de 500 mL.
- Detergente neutro
- Gaspilhão
- Esponja de aço
- Papel filtro
- Água destilada

### 4.2 METODOLOGIA

Deixou-se os frascos, tampas e batoques de molho em solução de detergente neutro por 2 minutos para facilitar a remoção dos resíduos da amostra e possíveis etiquetas.

Em seguida, esfregou-se os frascos com gaspilhão até a retirada total das sujeiras, sucedendo com a limpeza da parte externa do frasco com esponja de aço e detergente neutro, enxaguando tudo com água corrente e, por fim, água destilada.

Logo em seguida, colocou-se os frascos virados com a boca para baixo sobre o papel filtro absorvente, com o objetivo de secarem. Finalizou-se com o armazenamento apropriado, longe de poeiras e contaminações.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS DO EXTRATOR SOXHLET

### 5.1 MATERIAIS

#### Equipamentos utilizados:

- Capela
- Balança analítica
- Extrator Soxhlet
- Estufa
- Manta aquecedora
- Bomba a vácuo
- Bomba de aquário
- pHmetro

#### Materiais de laboratório:

- Balão de fundo chato de 250ml
- Balão volumétrico de 250ml
- Balão volumétrico de 50ml
- Condensador de bola
- Condensador simples
- Conector de condensador
- Béquer
- Suporte universal
- Mangueiras do condensador
- Dessecador com sílica gel
- Espátula
- Papel filtro
- Proveta de 50ml
- Pipeta Pasteur
- Pipeta volumétrica de 25 mL
- Bastão de vidro
- Kitassato

- Funil de Buchner
- Pinça
- Pisseta

#### **Reagentes e solutos utilizados:**

- 24,86 mL de ácido clorídrico P.A
- 500 mL da amostra (água do mar coletada)
- Água destilada
- 1g de terra diatomácea
- **250ml** de éter etílico

## **5.2 METODOLOGIA**

Após a realização dos cálculos para determinar a quantidade de ácido clorídrico P.A a ser utilizado na solução para acidificar a amostra, na capela e com auxílio da pipeta volumétrica foi adicionado 24,86 mL de ácido clorídrico ao balão volumétrico de 50 mL, aos poucos houve a adição de água deionizada com a pipeta Pasteur até que o menisco do balão fosse completo. Em seguida ao preparo do ácido clorídrico 6N, foram pipetadas gotas da solução ácida dentro do frasco da amostra, com o monitoramento do pH a partir do pHmetro, até que a amostra atinge o pH 2.

Com a amostra acidificada com pH 2 com auxílio de um pHmetro, transferiu-se a amostra para um balão volumétrico de 250mL. Após a montagem do sistema de filtração a vácuo, acoplou-se o funil de Buchner no kitassato e ligou-se a uma bomba a vácuo, recortou-se e encaixou-se o papel filtro no funil, fixando-o com água durante a bomba de vácuo ligada; após a adesão completa da água no papel, desligou-se a bomba.

Por meio do auxílio de uma balança analítica, pesou-se 1g de terra diatomácea e dissolveu-se em 100 mL de água em um béquer de 250 mL, criando uma suspensão. Essa suspensão foi completamente homogeneizada com o auxílio de um bastão de vidro antes de ser despejada no funil com a bomba a vácuo desligada. Após despejar todo o conteúdo no funil, ligou-se a

bomba a vácuo. Isso formou uma camada uniforme de terra diatomácea, garantindo a efetividade da filtração da amostra e retendo todo o material solúvel em n-hexano/éter etílico.

**Imagem 8:** Filtração a vácuo da suspensão da terra diatomácea



**Fonte:** A autoria própria, 2024

Com a bomba a vácuo ligada, despejou-se toda a amostra acidificada do balão volumétrico de 250 mL no funil. Em seguida, utilizando duas pinças, retirou-se o papel filtro com o conteúdo filtrado. Dobrou-se em uma trouxinha e fechou-se de forma que retivesse todo o sólido filtrado e a terra diatomácea.

**Imagem 9:** Trouxinha



**Fonte:** A autoria própria, 2024

Tornou-se importante que a trouxinha estivesse ausente de água para que não ocorresse nenhuma interferência. Dessa forma, em uma estufa a 103°C, colocou-se a trouxinha devidamente fechada por 20-30 minutos e esperou-se ela esfriar antes da próxima etapa.

Posteriormente a devida montagem do sistema soxhlet, foi necessário identificar o tamanho do extrator a fim de definir a quantidade exata do solvente éter etílico; no caso do equipamento soxhlet utilizado, usou-se 250 mL. Mediu-se com a proveta para transferi-lo ao balão de fundo chato – a princípio com a massa inicial anotada – cuja vidraria participou do sistema Soxhlet. Com a trouxinha seca, colocou-se dentro do extrator e acoplou-se com o balão de fundo chato em cima da manta aquecedora e o condensador. Ligou-se a manta aquecedora e esperou-se que os ciclos se realizassem por 4 horas.

O solvente éter etílico, contido no balão de fundo chato, foi aquecido com o auxílio de uma manta aquecedora até entrar em ebulição. O vapor do éter passou pelo tubo condutor do extrator e chegou ao condensador. No condensador, a água corrente, impulsionada por uma bomba de aquário, resfriou o vapor quente do solvente, condensando-o na área onde se encontrava a trouxinha, que foi substituída pelo cartucho, dentro do extrator. Conforme o solvente condensado se acumulou, o nível de líquido no extrator e no sifão começou a subir até alcançar a curva do tubo condutor, o que fez com que todo o conteúdo fosse drenado de volta para o balão. Esses ciclos se repetiram continuamente. Devido à alta volatilidade do éter, ele evaporou novamente, enquanto os materiais arrastados, como óleos e graxas, e possivelmente outros componentes, permaneceram no balão.

**Imagem 10:** Sistema soxhlet montado



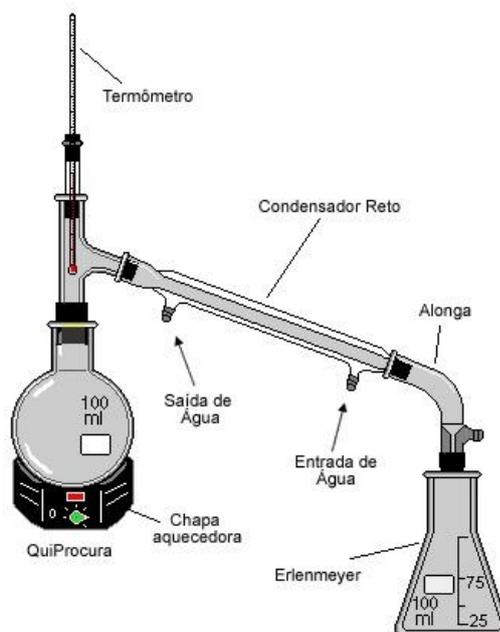
**Fonte:** Autoria própria, 2024

O método prescrevia que, a cada 1 hora, ocorressem 20 ciclos, ou seja, cada ciclo demorava cerca de 3 minutos. O sistema ficou ligado por 4 horas a fim de uma melhor solubilização do material no balão. Foi preciso controlar a potência da manta aquecedora, no início aumentando sua temperatura, mas, à medida que começou a gotejar, foi necessário ficar atento para ver se o sistema ocorria de modo efetivo, determinando um ciclo eficiente de 3 minutos.

Ao final do processo, desacoplou-se o sistema, retirou-se com o auxílio de uma pinça a trouxinha, despejou-se o líquido que se prendeu no extrator para dentro do balão e levou-se para a destilação simples.

O método analítico do extrator Soxhlet efetuado foi um método gravimétrico, com isso foi necessário realizar a destilação simples com o objetivo de remover o solvente e deixar somente os óleos e graxas no balão de fundo chato, finalizando com a pesagem e o cálculo.

**Imagem 11:** Destilação simples.



Fonte: RABI, 2010

Com o sistema de destilação simples devidamente montado, com o condensador simples ligado nas mangueiras presas à bomba de aquário dentro de uma caixa térmica com água e gelo, o balão contendo o solvente e os resíduos de óleos e graxas foi conectado ao condensador por meio de um conector apropriado. Enquanto o sistema operava, a manta aquecedora sob o balão de fundo chato foi ligada para aquecer o solvente, e colocou-se um béquer na saída do condensador a fim de receber todo o solvente destilado, assim como mostrava a ilustração do sistema na Imagem 8.

Após a finalização da destilação simples, levou-se o balão de fundo chato para a estufa a 100°C por 30 minutos para garantir a completa evaporação do solvente residual. Essa etapa foi crucial, pois o solvente remanescente poderia não ter passado pelo condensador, comprometendo a precisão da pesagem e introduzindo um erro significativo. Após os 30 minutos na estufa, o balão foi colocado em um dessecador para resfriamento controlado.

**Imagem 12:** Balão depois da estufa



**Fonte:** Autoria própria, 2024

Resfriado, efetuou-se o cálculo gravimétrico dos dados obtidos.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 6.1 Acidificação da amostra

### 6.1.1 Cálculo da massa de soluto para HCl.

Para a preparação de uma solução de HCl 6N foram realizados os seguintes cálculos adaptando a fórmula de concentração em quantidade de matéria  $M = \frac{n}{V}$  (BROWN et al., 2024), tem-se:

$$M = \text{massa de soluto} \times \frac{g}{\text{massa molar} \times \text{volume da solução}}$$

De acordo com Brown (2024) quanto maior for a quantidade de soluto dissolvida em certa quantidade de solvente, mais concentrada será a solução. Substituindo os valores:

$$6 = \frac{m_1}{36,46 \times 0,05} \rightarrow m_1 = 6 \times 36,46 \times 0,05 = 10,94g$$

Consta-se, portanto, que a massa necessária para o preparo da solução de HCl 6N é de **10,94g**.

### 6.1.2 Cálculo da conversão de massa de HCl.

Segundo Skoog et. Al (2006), a densidade de uma substância é a sua massa por unidade de volume e representado por unidades de quilogramas por litro ou miligramas por mililitro. Foi utilizado HCl P. A de densidade igual a 1,19 g/mL e cuja concentração é equivalente a 37% (m/m). Assim como Vogel (1989), devido a relação entre a densidade, a concentração e o volume. Desse modo, com a densidade e a concentração efetuou-se o cálculo da massa de HCl puro a cada 1mL de reagente:

$$\text{Massa de HCl puro} = \text{Densidade do HCl} \times \left( \frac{\text{Concentração porcentual}}{100} \right)$$

Substituindo dados, temos:

$$\text{Massa de HCl puro} = \frac{1,19g}{mL} \times \left(\frac{37}{100}\right) = 0,44g/ml$$

Determinou-se que a cada 1mL de HCl P. A há, aproximadamente, **0,44g/mL** de HCl puro.

### 6.1.3 Cálculo do volume necessário de HCl P. A.

Fez-se então a relação entre a massa necessária e o volume de ácido clorídrico para análise.

$$1mL \rightarrow 0,44g$$

$$XmL \rightarrow 10,94g$$

Para X, encontramos:

$$X = \frac{10,94}{0,44} = 24,86mL$$

$$24,86mL \rightarrow 25mL$$

Sendo assim, assume-se que é preciso aproximadamente **25mL** para uma solução de HCl 6N.

O ácido clorídrico age como um agente conservante e estabilizante no processo de preservação da amostra de água do mar. Como VanLoon (2017), águas que contém pH acima de 2 geram condições favoráveis para a proliferação de bactérias e microrganismos, o que corrobora para decomposição da água do mar, onde compostos orgânicos e nutrientes podem ser oxidados, ameaçando o equilíbrio químico.

## 6.2 Preparação e homogeneização da Terra de Diatomácea.

Após o preparo do ácido clorídrico, a etapa de homogeneização da Terra de Diatomácea com água destilada e a amostra, para assegurar a adequada

dispersão da água do mar, onde foi essencial para otimizar a eficiência da extração subsequente.

A terra diatomácea é um material sedimentar que se destaca por suas propriedades filtrativas. Sua eficácia na filtração de óleos e graxas é atribuída a características físicas e químicas únicas. Com uma porosidade que pode ultrapassar 90%, a terra diatomácea permite que quase toda a sua superfície funcione como um filtro natural, retendo partículas sólidas enquanto permite a passagem de líquidos (FILTROS FNM [s.d.]).

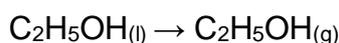
Composta principalmente por sílica, apresenta uma alta área superficial e baixa densidade, tornando-a eficaz na absorção de substâncias, incluindo óleos e graxas.

O mecanismo de filtração da terra diatomácea envolve tanto a filtração física quanto a adsorção. Para essa pesquisa, torna-se primordial destacar sua capacidade de adsorção, que permite não capturar apenas partículas, mas também compostos químicos presentes nos óleos, melhorando ainda mais a qualidade do líquido filtrado. (GOULART, 2021)

### **6.3 Processo de extração.**

O processo do sistema Soxhlet se deu através de ciclos repetidos de aquecimento e resfriamento, a temperatura foi monitorada e alterada conforme a necessidade de evitar a volatilização em excesso do álcool etílico.

À medida que o álcool etílico aquecia, ele evaporava, subindo através do tubo de descida do Soxhlet. O vapor de solvente se condensava no condensador e retornava à amostra e segue o ciclo, extraíndo o óleo presente. O ciclo é representado por:



Após retornar ao balão de extração, o álcool se mistura com a terra de diatomácea onde o óleo fica contido. Quanto maior o número de ciclos, maior a quantidade de óleo extraído, sendo esse processo favorecido pela temperatura

e pelo fator de distribuição que permite o equilíbrio entre as fases aquosa e orgânica (Skoog et al., 2006). A integração física decorrente pode ser representada como:



O método Soxhlet fez-se eficaz para a extração de compostos de uma amostra sólida. Neste contexto, ele separa o analito — o óleo presente na água do mar — da matriz original, permitindo a quantificação precisa do óleo extraído. Conforme descrito por Skoog (2006), o sistema promove uma separação do analito por meio da extração, onde o óleo contido na água do mar é transferido para um solvente orgânico, neste caso, o álcool etílico.

Durante o processo de extração, os solutos se distribuem entre duas fases líquidas, de acordo com a lei de distribuição, que pode ser expressa, segundo Skoog (2006), como:



Essa transferência foi crucial, pois permitiu a análise focada no analito. Assim, quando duas substâncias são misturadas em um mesmo solvente, é possível separá-las utilizando um solvente não imiscível, no qual uma das substâncias se dissolve facilmente, facilitando a extração e a subsequente quantificação do componente desejado (Vogel, 1960), como ocorreu com o óleo.

## 6.4 Análise gravimétrica

A análise gravimétrica é uma técnica fundamental em química analítica, que se baseia na separação e pesagem de um elemento em sua forma mais pura, após um tratamento adequado. Esse elemento, cuja composição é conhecida, está em uma relação estequiométrica definida com a substância que se pretende determinar (Vogel, 1960). A metodologia foi aplicada para quantificar o óleo presente na água do mar, extraíndo-o da matriz original composta por terra diatomácea e outras partículas.

Resfriado, efetua-se o cálculo gravimétrico utilizando os seguintes dados:

$$\text{Massa dos resíduos} = \left( \frac{p1 - p0}{V} \right)$$

**Onde:**

**p0** = Massa do balão antes do processo em miligrama (massa do balão)

**p1** = Massa do balão depois do processo em miligrama (massa do balão + massa dos óleos e graxas)

**V** = Volume em Litro.

O resultado será em miligrama de material solúvel em éter etílico por litro (mg/L).

$$\text{Massa dos resíduos} = \left( \frac{109797,5 - 109762,1}{0,50} \right) \rightarrow \text{Massa dos resíduos} = 70,8 \text{ mg/L}$$

Sendo assim, em 500 mL da amostra resultou-se em, **70,8 mg/L** de óleo. De acordo com os padrões de emissão da seção I, do artigo 18 do decreto N° 8.468, os padrões de qualidade de água estabelecidos pela CETESB para substâncias solúveis em hexana, como é o caso do óleo, é virtualmente ausente.

Além dos resultados obtidos, foram analisados os dados sobre a eficiência do método soxhlet em outros trabalhos acadêmicos, por exemplo no artigo intitulado como Avaliação de diferentes metodologias de extração por solvente do óleo de *Dipteryx Alata*, publicado pela Revista Observatorio De La Economia Latinoamericana, analisou o rendimento de 3 métodos por solventes orgânicos para a extração de óleo, sendo eles, o método soxhlet, o método em banho ultrassônico e o método de micro-ondas. Os resultados obtidos permitiram a conclusão do método soxhlet como o mais eficiente, com um rendimento de 34,4%, enquanto método de micro-ondas e o ultrassônico, apresentaram respectivamente, 21% e 17,3% de rendimento. Também concluiu-se que o

tempo necessário para alcançar o rendimento descrito foi maior para o método soxhlet, que foi realizado por 720 minutos.

Outros estudos analisaram a eficiência do etanol como solvente dentro deste mesmo método, no artigo Extração a Baixa Pressão do Óleo de sementes de Linhaça Utilizando Etanol como Solvente, o rendimento aproximado do solvente na metodologia de extração de óleo das sementes foi de 38,49%, sendo a razão solvente/semente de 30ml g<sup>-1</sup> e o tempo de duração do processo de 480 minutos. O artigo Extração do óleo de castanha-do-Pará via Soxhlet utilizando solvente, apresentou resultados similares com o estudo anteriormente citado na utilização de etanol, o rendimento registrado foi de 37,22%, sendo considerado satisfatório, principalmente devido ao seu baixo custo e aos danos reduzidos que o solvente proporciona.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como avaliado, o mar de Santos apresenta grande relevância socioeconômica e ambiental. Para a população local, o mar comporta a pesca recreativa, artesanal e industrial, que abastece mercearias e outros estabelecimentos comerciais. Além disso, as praias são atrações de turismo. Nas férias de julho de 2024, por exemplo, Santos recebeu um milhão de turistas (Prefeitura de Santos, 2024). De forma ambiental, grande é a diversificação do ecossistema marinho que deve ser preservada, necessária para a realização de funções básicas como o ciclo do carbono, que auxiliam na manutenção do clima terrestre e protegem a área costeira de tempestades e erosões devido aos manguezais.

A análise gravimétrica utilizada mostrou-se eficaz na quantificação do óleo. Durante a análise observou-se a presença de 70,8 mg/L de óleo em uma amostra de 500 mL de água do mar coletadas da praia do canal 6 de Santos, onde o ideal permitidos segundo a Agência Governamental do Estado de São Paulo é sua ausência. Caso houvesse um excesso desses compostos, a biodiversidade local se comprometeria, afetando a segurança alimentar da população que depende desses recursos. Dessa forma, conforme o Decreto 8.468, promulgado em 1976 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), substâncias como óleos e graxas devem manter sua presença virtualmente ausentes em corpos d'água como rios e mares, ou seja, sua identificação deve constar em baixa ou nula quantidade, mas de acordo com a análise obtida, às águas do canal 6 de Santos encontravam-se fora do limite estabelecido pelo órgão ambiental, no entanto, para uma conclusão mais

embasada é necessário que seja feito mais estudos com mais amostras em temporadas sazonais e contínuas para obtenção de uma análise mais rigorosa, já que a quantificação de óleos e graxas em meio marinho é crucial para avaliar os impactos ambientais que podem ser gerados por estes poluentes, que vem sendo uma crescente preocupação ambiental devido ao aumento de vazamento dos mesmos.

Dado o contexto, os dados fornecem informações importantes para a compreensão dos impactos das atividades econômicas e urbanas no canal 6 e reforçam a necessidade de medidas de controle e monitoramento. Sugere-se a adoção de práticas mais rigorosas para garantir a proteção do ecossistema marinho e sua biodiversidade, é fundamental a implementação de políticas de proteção mais eficazes e coordenadas.

É imprescindível a aprimoração da fiscalização de atividades relacionadas à exploração das águas costeiras. Aumentar a frequência e a eficácia das inspeções realizadas por órgãos reguladores, como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), contribuirá significativamente para a redução dos riscos de acidentes não documentados, especialmente aqueles relacionados a vazamentos de óleo, para garantir que as práticas estejam em conformidade com as normas de segurança ambiental brasileiras. Além da adoção de práticas mais rigorosas para o tratamento de efluentes é indispensável. A redução da carga poluente que chega ao ambiente marinho é crucial.

Seguindo o mesmo raciocínio, a intensificação da vigilância nas operações portuárias. As atividades realizadas nos portos, especialmente no Porto de Santos, têm um grande impacto no ecossistema marinho, como um ponto fundamental de movimentação do tráfego marítimo. Isso permitirá a detecção e, conseqüentemente, a correção de práticas irregulares.

O uso de tecnologias avançadas para o monitoramento marítimo também deve ser uma prioridade. Essa otimização, utilizando ferramentas já implementadas antes, como satélites e drones, possibilitará um acompanhamento mais eficaz das atividades no marinhas, facilitando o compartilhamento de informações entre diferentes órgãos e instituições envolvidas na proteção do meio ambiente e acelerando as medidas de remediação.

Adicionalmente, a imposição de penalidades rigorosas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para infrações relacionadas à segurança marinha e à omissão de informações é uma medida fundamental. A aplicação de sanções severas funcionará como um desincentivo à adoção de práticas irresponsáveis que comprometem a integridade do ecossistema.

A implementação de políticas de conservação mais robustas também é necessária. Essas políticas devem incluir estratégias para mitigar os riscos de acidentes ambientais e proteger a biodiversidade marinha, ao mesmo tempo em que assegura a manutenção dos habitats e organismos afetados.

Por fim, o último aspecto vital sugerido é a criação e o uso prático de planos de contingência que visem o reparo dos derramamentos de óleos e graxas no mar. A Secretaria Municipal do Meio Ambiente deve desenvolver e implementar esses planos, considerando a dinâmica das correntes marítimas e as propriedades físicas e químicas dos óleos, limitando assim os impactos ambientais decorrentes de desejos e vazamentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRON, Mace G. et al. **Impactos ecológicos de longo prazo de derramamentos de petróleo: comparação entre Exxon Valdez, Hebei Spirit e Deepwater Horizon. PubMed Central (PMC)**, [S. l.], p. 6456-6467, 2 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021%2Facs.est.9b05020>. Acesso em: 17 set. 2024.

BRASIL. **A zona costeira e o mar no Brasil: diretrizes para a conservação e o uso sustentável**. São Paulo: Fundação Florestal, 2023. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/fundacaoflorestal/sites/243/2023/08/5.-apa-marinha-litoral-centro-438-paginas.pdf>. Acesso em: 24 set. 2024.

CAMAZ, F. R. **Mudanças no sistema de refrigeração da Refinaria Duque de Caxias: minimização do uso de água e redução da carga orgânica lançada na Baía de Guanabara.** *Revista Técnica Da Universidade Petrobras*, vol. 1, n. 2, p. 78-88, 2016. Disponível em: <<https://rtup.petrobras.com.br/rtup/article/view/12>>. Acesso em: 29 set. 2024.

CANDIDO, Juliana Dumard Carracena. **Água produzida e seu impacto na indústria petrolífera.** 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Juliana-Dumard-Carracena-Candido/publication/353423540\\_Agua\\_produzida\\_e\\_seu\\_impacto\\_na\\_industria\\_petrolifera/links/6465225a7020266316541ab4/Agua-produzida-e-seu-impacto-na-industria-petrolifera.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Juliana-Dumard-Carracena-Candido/publication/353423540_Agua_produzida_e_seu_impacto_na_industria_petrolifera/links/6465225a7020266316541ab4/Agua-produzida-e-seu-impacto-na-industria-petrolifera.pdf) . Acesso em: 29 set. 2024.

CETESB. **Guia nacional de coleta de preservação de amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Agência Nacional de Águas, Brasília, 2011. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf&ved=2ahUKEwiYIfPtqO6IAxXdq5UCHTHVCtEQFnoECBoQAQ&usg=AOvVaw1atGQQQMjnzAEm9BMhcyiE>>. Acesso em: 13 ago. 2024.

CNN BRASIL. **Navio grego foi responsável por derramamento de óleo no litoral brasileiro, diz PF.** 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/navio-grego-foi-responsavel-por-derramamento-de-oleo-no-litoral-brasileiro-diz-pf/>. Acesso em: 25 set. 2024.

COSTA, Rafaela dos Santos; VASCONCELOS, Mariana; BERNSTEIN, Any. **Contaminação ambiental pelo composto organoestânico tributilestanho**

**(TBT)**. Revista Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 13, nº 25, 9 de julho de 2020. Disponível em:

<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/13/25/contaminacao-ambiental-pelo-composto-organoestatico-tributilestanho-tbt>. Acesso em: 28/09/2024

DAMASIO, Bruno Vanderlinde. **A qualidade ambiental do sistema estuarino de Santos, São Vicente e Bertioga avaliada por um bioindicador: foraminíferos bentônicos**. Dissertação (Mestrado em Ciências, Programa de Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em:

<[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21136/tde-09032022-135013/publico/Dissertacao\\_Damasio\\_Bruno\\_Corrigida.pdf&ved=2ahUKEwjK-YCepO6IAxXZupUCHSdoDN8QFnoECBoQAAQ&usg=AOvVaw2f7h1ZHQygVXMLMSFfmvkl](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21136/tde-09032022-135013/publico/Dissertacao_Damasio_Bruno_Corrigida.pdf&ved=2ahUKEwjK-YCepO6IAxXZupUCHSdoDN8QFnoECBoQAAQ&usg=AOvVaw2f7h1ZHQygVXMLMSFfmvkl)>. Acesso em: 29 set. 2024.

DE PAULA LAIDENS, Carolina et al. **Extração a baixa pressão do óleo de sementes de linhaça utilizando etanol como solvente**. E-xacta, v. 12, n. 2, p. 1-10, 2020. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/2736>. Acesso em: 25 nov. 2024.

EL PAÍS. **Brasil denuncia derramamento de óleo como maior desastre ambiental do litoral e acusa o Greenpeace de omissão**. 2019. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/11/01/politica/1572619047\\_933670.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/11/01/politica/1572619047_933670.html). Acesso em: 25 set. 2024.

FARIAS, Patricia. **O impacto da pandemia de COVID-19 na saúde mental de estudantes de medicina: um estudo com alunos da Universidade Federal Fluminense**. 2021. 138 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) —

Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021. Disponível em: <<https://dot.uff.br/wp-content/uploads/sites/476/2023/06/385-DISSERT-Patricia-Farias-2021.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2024.

FERREIRA, Gabriela Ingrid Pereira et al.. **AVALIAÇÃO DOS EFEITOS SUBLETAIS E LETAL DO ÓLEO EM INVERTEBRADOS MARINHOS..** In: Livro de Resumo XXXIII Semana Nacional De Oceanografia - Da Lama ao Coral: Desafios Socioambientais dos Ecossistemas Tropicais. Anais...Recife(PE) UFPE, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxxiii-semana-nacional-de-oceanografia/657067-AVALIACAO-DOS-EFEITOS-SUBLETAIS-E-LETAL-DO-OLEO-EM-INVERTEBRADOS-MARINHOS>. Acesso em: 23/09/2024.

FILTROS FNM. **Terra diatomácea para filtração.** Disponível em: <https://www.fnm-filtrans.com.br/terra-diatomacea-filtracao> . Acesso em: 25 out. 2024.

FREITAS, CEP de; AMORIM, AFV de; SIQUEIRA, SMC; RIBEIRO, SG de O.; ALVES, AYS; JÚNIOR, AM; LIMA, YV de; SILVA, DC da. **Extração do óleo de castanha-do-Pará via Soxhlet utilizando solvente alternativo / Extração de óleo de castanha-do-Pará via Soxhlet utilizando solvente alternativo.** Revista Brasileira de Desenvolvimento , [S. l.] , v. 5, pág. 52474–52482, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n5-582. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/30389>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GOULART, Marcos Roberto; SILVEIRA, Cristian Berto da; CAMPOS, Mari Lúcia; ALMEIDA, Jaime Antonio de; MANFREDI-COIMBRA, Silvana; OLIVEIRA, Aline Fernandes de. **Metodologias para reutilização de resíduos de terra**

**diatomácea, provenientes da filtração e clarificação da cerveja.** *Química Nova*, [SI], v. 1, pág. 1-7, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/9tpRfDr9CbZyLRTMST5Yrzw/> . Acesso em: 25 out. 2024.

**G1. Hipermercado é multado em mais de R\$ 12 milhões por vazamento de óleo diesel em canal de Santos, SP.** 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2021/05/10/hipermercado-e-multado-em-mais-de-r12-milhoes-por-vazamento-de-oleo-diesel-em-canal-de-santos-sp.ghtml>. Acesso em: 25 set. 2024.

**G1. PF conclui que navio grego foi responsável por derramar toneladas de óleo no litoral brasileiro.** 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2021/12/02/pf-conclui-que-navio-grego-foi-responsavel-por-derramar-toneladas-de-oleo-no-litoral-brasileiro.ghtml>. Acesso em: 25 set. 2024.

HENRIQUES, Maria de Lurdes; SILVA, João da. **Avaliação da qualidade da água em corpos hídricos: um estudo de caso.** *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 21, n. 3, p. 457-470, 2021. Disponível em: <https://ojs.aprh.pt/index.php/rgci/article/view/455>. Acesso em: 20 set. 2024.

Junior, José M. De Oliveira. **Estimação de teor de óleos e graxas em água descartadas no mar usando modelos baseados em dados (Programa de pós graduação em Engenharia Elétrica Universidade Federal do Espírito Santo, 2022.)** Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Oliveira-Junior-13/publication/370172466\\_Estimacao\\_do\\_teor\\_de\\_oleos\\_e\\_graxas\\_em\\_agua\\_descartada\\_no\\_mar\\_usando\\_modelos\\_baseados\\_em\\_dados/links/64430a94d7](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Oliveira-Junior-13/publication/370172466_Estimacao_do_teor_de_oleos_e_graxas_em_agua_descartada_no_mar_usando_modelos_baseados_em_dados/links/64430a94d7)

49e4340e2b0adf/Estimacao-do-teor-de-oleos-e-graxas-em-agua-descartada-no-mar-usando-modelos-baseados-em-dados.pdf. Acesso em: 28 out. 2024

MOSQUERA, Leydy Viviana Flórez; ROCHA-LIMA, Ana Beatriz Carollo. **Qualidade das águas pluviais dos canais de drenagem de Santos no período de 2005 a 2013**. Unisanta BioScience, v. 9, n. 3, p. 174-193, 2020. Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?start=20&q=%22canal+6%22+%22Santos%22+ambiental&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5#d=gs\\_qabs&t=1725988370419&u=%23p%3DzvgKZeZYGCwJ](https://scholar.google.com.br/scholar?start=20&q=%22canal+6%22+%22Santos%22+ambiental&hl=pt-BR&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1725988370419&u=%23p%3DzvgKZeZYGCwJ)>. Acesso em 24 de set. 2024.

NETO, Francisco Medeiros de Andrade. **Remoção de óleo da água produzida utilizando tensoativo a base de óleo de girassol**. Repositório Digital da Universidade Federal Rural Semi-Árido, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/9087>>. Acesso em: 29 set. 2024.

PONTES, Alexandre Figueira Junior; CARMINATTO, Amanda Aparecida; BORGES, Roberto Pereira. **Variação espacial da abundância de pellets plásticos na praia de Santos, São Paulo, Brasil**. Research, Society and Development, vol. 11, n. 3, p. 3. Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?start=10&q=%22canal+6%22+%22Santos%22+ambiental&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5#d=gs\\_qabs&t=1725988151513&u=%23p%3DfSFyUGPs9scJ](https://scholar.google.com.br/scholar?start=10&q=%22canal+6%22+%22Santos%22+ambiental&hl=pt-BR&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1725988151513&u=%23p%3DfSFyUGPs9scJ)>. Acesso em: 20 set. 2024

PROTASSIO, Lianne dos Santos. **Proposta metodológica utilizando simulação computacional para avaliar dinâmica de um derramamento de óleo e a dose na biota**. Orientador: Mendonça, Luis Felipe Ferreira de. 2021.

Dissertação (Experimental) - Universidade Federal da Bahia, Repositório Institucional da UFBA, novembro 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/38050>. Acesso em: 17 set. 2024.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **Efeitos do óleo nos organismos.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/vazamentos-de-oleo/impactos-ambientais/efeitos-do-oleo-nos-organismos/>. Acesso em: 24 set. 2024.

SILVA, Luiz Rons Caúla da. **Desastre ambiental causado por derramamento de petróleo no litoral do Ceará: um estudo sobre o ambiente, a saúde e o trabalho de pescadores e pescadoras artesanais.** 2021. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/60174/3/2021\\_dis\\_lrcsilva.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/60174/3/2021_dis_lrcsilva.pdf). Acesso em: 24/09/2024

SILVA, João P. da. **Diagnóstico da água de produção na Petrobras-UORNCE: análise físico-química e multivariada.** 2023. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.). Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15808>. Acesso em: 28/09/2024

SILVA, Josimar Ribeiro da. **Contaminação ambiental pelo composto organoestânico tributilestanho (TBT).** Educação Pública, Rio de Janeiro, v. 13, n. 25, 2020. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/13/25/contaminacao-ambiental-pelo-composto-organoestatico-tributilestanho-tbt>. Acesso em: 1 out. 2024.

SILVA, Francisco Wilton Miranda da. **Remoção de óleo da água produzida utilizando tensoativo à base de óleo de girassol**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/9087>. Acesso em: 29 set. 2024.

SINGH, Harpreet et al. **Impactos ambientais de derramamentos de óleo e sua remediação por nanomateriais magnéticos**. Departamento de Biotecnologia, Instituto Universitário de Engenharia e Tecnologia, Universidade de Panjab, Chandigarh, Índia, Elsevier, 21 nov. 2019.

UCKER, Fernando Ernesto; KEMERICH, Pedro Daniel Cunha; MATIAS, Renan Krupok; PEIXOTO, Brandão; BOENSO, Larissa. **Análise dos separadores de água e óleo em postos de combustíveis**. Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal), v. 16, n. 11, p. 3-10, 2023. Disponível em: <<https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A13%3A29731661/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A174091224>>. Acesso em: 20 set. 2024.

UOL. **PF conclui que navio grego derramou óleo no litoral brasileiro em 2019**. 2021. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2021/12/02/pf-conclui-que-navio-grego-derramou-oleo-no-litoral-brasileiro-em-2019.htm>. Acesso em: 6 dez. 2024.

VIVAN, J. V.; COSTA, M. B.; RODRIGUES, M. M.; BARRETO, B. dos S. B.; OLIVEIRA, V. B.; SANTOS, N. R. dos; RODRIGUES, M. B. Avaliação de diferentes metodologias de extração por solvente do óleo de *Dipteryx Alata*. OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, [S. l.], v. 22, n. 7,

p. e6001, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n7-276. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/6001>. Acesso em: 25 nov. 2024.

VOGEL, Arthur I. . **Química Analítica Cuantitativa:: Teoría y Práctica**. 2Ed. Buenos Aires: Editorial Kapelusz, S. A., 1960. Pág 193. v. 1. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/87230874/Quimica-Analitica-Cuantitativa-Vogel>. Acesso em: 23 out. 2024.