FEVEREIRO | 2020 EDIÇÃO Nº 2

ARTICULAÇÃO

ITINERÁRIOS

BNCC

NATUREZA



No final do ano passado, o litoral de vários estados do Nordeste brasileiro, do Espírito Santo e do Rio de Janeiro foi atingido por um grande vazamento de petróleo cru no mar. De que modo a ciência pode contribuir para desvendar o mistério da origem desse óleo? A ciência pode ajudar a reparar os danos ambientais gerados por esse desastre?

CONTATO IMEDIATO

O QUE FALAM SOBRE O ASSUNTO DESTA EDIÇÃO?

Manchas de óleo atingem a praia de Canoa Quebrada, um dos principais destinos turísticos do Ceará

Segundo a Prefeitura de Aracati, uma ação emergencial já retirou cerca de 700 kg da substância na praia.

Por Rodrigo Rodrigues

As manchas de óleo que atingem o litoral do Nordeste chegaram à praia de Canoa Quebrada, no município de Aracati, um dos principais destinos turísticos do litoral cearense. Segundo a Prefeitura de Aracati, uma ação emergencial retirou cerca de 700 kg da substância e limpou a praia.

O óleo cru foi visto por moradores em diversos pontos da praia nesta quinta-feira (24). A Prefeitura de Aracati informou que, após o surgimento da substância, a Marinha do Brasil foi ao local e retirou o óleo que estava na areia e na água da praia. Voluntários também participaram da limpeza do litoral.



Petróleo derramado na praia de Pocas, município de Conde, estado da Bahia, Brasil, em 27 de outubro de 2019.

[...]

RODRIGUES, Rodrigo. Manchas de óleo atingem a praia de Canoa Quebrada, um dos principais destinos turísticos do Ceará. **G1**, 24 out. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2019/10/24/manchas-de-oleo-atingem-a-praia-de-canoa-quebrada-um-dos-principais-destinos-turisticos-do-ceara.ghtml>. Acesso em: 18 nov. 2019.



Foto divulgada pelo Governo do Estado de Pernambuco mostrando óleo derramado na praia de Peroba, localizada na cidade de Maragogi, Alagoas, Brasil, em 17 de outubro de 2019.

Satélite, aeronave, matemática e sonares: entenda as ações e os desafios na busca da origem das manchas de óleo no Nordeste

Conheça as expectativas e os problemas das ferramentas usadas para tentar descobrir a origem do óleo que já afeta mais de 200 localidades no Nordeste do país.

Por Elida Oliveira e Patrícia Figueiredo

Monitoramento remoto, observação em campo, modelagens matemáticas, sonares e patrulha naval: de acordo com especialistas ouvidos pelo **G1**, diferentes medidas já são ou poderiam ser aplicadas para localizar a origem do óleo que está poluindo as praias do Nordeste.

Confira abaixo os principais aspectos de cada uma e, em seguida, o que está sendo feito em relação a essas opções:

Análise de imagens de satélites

Desde o dia 2 de setembro, técnicos do Instituto Nacional de Meio Ambiente (Ibama) monitoram imagens de satélite para tentar localizar a origem das manchas de óleo, que apareceram pela primeira vez em 30 de agosto, na Paraíba. As imagens captam uma área de 200 km por 200 km, segundo Pedro Bignelli, coordenador geral do Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais (Cenima), do Ibama. Segundo ele, são quatro a cinco imagens analisadas por dia. No entanto as imagens não mostram a origem do óleo. Apesar disso, a análise segue sendo feita todos os dias.

- **Expectativa**: encontrar algum indício que delimite a área de buscas
- **Desafio**: satélite só capta imagens na superfície da água, mas a densidade do óleo o coloca na subsuperfície, o que torna difícil a identificação de manchas antes de surgirem próximas à orla; há ainda baixa disponibilidade de imagens, sobretudo nas águas internacionais

Sobrevoos

O Ibama disponibilizou um avião e dois helicópteros para que sejam feitos sobrevoos em busca da origem do óleo.

- **Expectativa**: localizar manchas de óleo em alto-mar que indiquem a origem do vazamento e ajudar a evitar que manchas perto da costa cheguem às praias
- **Desafio**: o óleo viaja na subsuperfície e portanto as manchas só são visíveis quando chegam perto do litoral. [...]

Monitoramento de navios

No início do mês de outubro a Marinha do Brasil fez uma triagem das informações do tráfego mercante no Nordeste e de 10 diferentes bandeiras a prestarem esclarecimentos na investigação.

Foram analisados quase 1 100 navios-tanque que circularam entre 1º de agosto e 1º de setembro em uma área de 800 km de distância da costa brasileira, entre Sergipe e Rio Grande do Norte.

Segundo a Marinha, foram contatadas as autoridades competentes dos países de origem dos navios, com apoio da Organização Marítima Internacional e da Polícia Federal.

- **Expectativa**: localizar navios suspeitos que poderiam estar envolvidos no vazamento
- **Desafio**: grande quantidade de navios suspeitos e possível existência de embarcações ilegais, que não são monitoradas

Patrulhamento naval e "aviso aos navegantes"

De acordo com a Marinha, já foram usados 16 navios no patrulhamento das águas. Outra ação foi a divulgação do "Aviso aos Navegantes", um documento em que a Marinha solicita a marinheiros e tripulantes que reportem qualquer informação sob suspeita.

- **Expectativa**: encontrar pista que leve à localização da origem do óleo
- **Desafio**: patrulhar a costa, que tem mais de 2 mil quilômetros de extensão, com 16 navios; conseguir informação de qualidade por meio do informe

Rastreamento com sonar

Identificar a origem do óleo por meio do rastreamento com sonar – equipamento que emite ondas sonoras e pode ajuda a localizar objetos no fundo do mar – ainda não é uma alternativa viável, de acordo com especialistas ouvidos pelo **G1**.

Em nota, a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA) afirmou que o sonar é uma boa alternativa quando a área já está delimitada, o que não é o caso em relação às manchas de óleo que estão aparecendo no Nordeste. "Os equipamentos com sonar são úteis para identificar um vazamento, por exemplo, se você já tem uma ideia da origem, mas não são úteis quando a área de rastreamento é enorme", afirmou. "Isso seria muito lento".

Esta é a mesma dificuldade apontada pelo Cenima. A hipótese de que o óleo está vindo do alto-mar ainda não pode ser comprovada devido à abrangência da área de rastreamento. "É praticamente todo o Nordeste", diz Bignelli. "Estamos concentrando todos os esforços para localizar a fonte ou ao menos para localizar uma mancha. Quando a encontrarmos em alto--mar, delimitaremos a área e, a partir dali, a Marinha poderia entrar com um sonar", afirma Bignelli.

- **Expectativa**: encontrar um suposto navio de onde poderia estar vazando o óleo (a hipótese não é a única e nem mesmo definida) ou manchas em deslocamento em alto-mar
- **Desafio**: grande área de rastreamento

Análises laboratoriais

Exames em laboratório feitos verificaram a origem do óleo encontrado nas praias brasileiras. Uma análise da UFBA concluiu que o óleo é da Venezuela. Os exames feitos pela Petrobras no Cenpes teriam chegado à mesma conclusão mas, oficialmente, a empresa diz apenas que o óleo não é produzido pela companhia. Apesar disso, a indicação da nacionalidade do óleo não deu indícios de onde pode ter ocorrido o derramamento.

- **Expectativa**: localizar a origem do vazamento
- **Desafio**: a nacionalidade da substância não revela necessariamente onde ocorreu o vazamento

Modelagem matemática

Diversas universidades têm feito estudos de correntes marítimas para tentar apontar hipóteses da origem do óleo. Cientistas da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) criaram um modelo reverso que parte dos locais onde as manchas foram encontradas para rastrear a possível origem do óleo. Com a ajuda desse registro reverso, eles conseguiram estimar a atuação de correntes marinhas no Atlântico e chegaram ao possível ponto de origem a 700 km do litoral de Sergipe e Alagoas.

Além da UFRJ, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e a Universidade Federal da Bahia (UFBA) também realizam pesquisas sobre o local de vazamento.

De acordo com o Cenima, aviões do Ibama estão sobrevoando as áreas indicadas por pesquisadores das universidades para checar as hipóteses levantadas.

- **Expectativa**: delimitar as áreas de busca de acordo com o surgimento das manchas na costa
- **Desafio**: as hipóteses ainda não foram confirmadas devido à grande área de rastreamento, segundo Pedro Bignelli, coordenador geral do Cenima

OLIVEIRA, Elida; FIGUEIREDO, Patrícia. Satélite, aeronave, matemática e sonares: entenda as ações e os desafios na busca da origem das manchas de óleo no Nordeste. **G1**, 25 out. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/desastre-ambiental-petroleo-praias/noticia/2019/10/25/satelite-aeronave-matematica-e-sonares-entenda-as-acoes-e-os-desafios-na-busca-da-origem-das-manchas-de-oleo-no-nordeste.ghtml>. Acesso em: 21 nov. 2019.

DIÁLOGO ABERTO

CONHEÇA A OPINIÃO DE QUEM ESTUDA O ASSUNTO.

A importância da ciência na reparação de desastres ambientais

O ano de 2019 foi marcado por diferentes desastres ambientais de grande extensão. No final do ano, o litoral de vários estados do Nordeste brasileiro, do Espírito Santo e do Rio de Janeiro foi atingido por um grande vazamento de petróleo cru no mar. De que modo a ciência pode contribuir para desvendar o mistério da origem desse óleo? A ciência pode ajudar a reparar os danos ambientais gerados por esse desastre?

Luvas de proteção, de um voluntário, incrustada com óleo derramado na praia de Busca Vida em Camaçari, Bahia, Brasil, durante uma operação de limpeza em 3 de novembro de 2019.



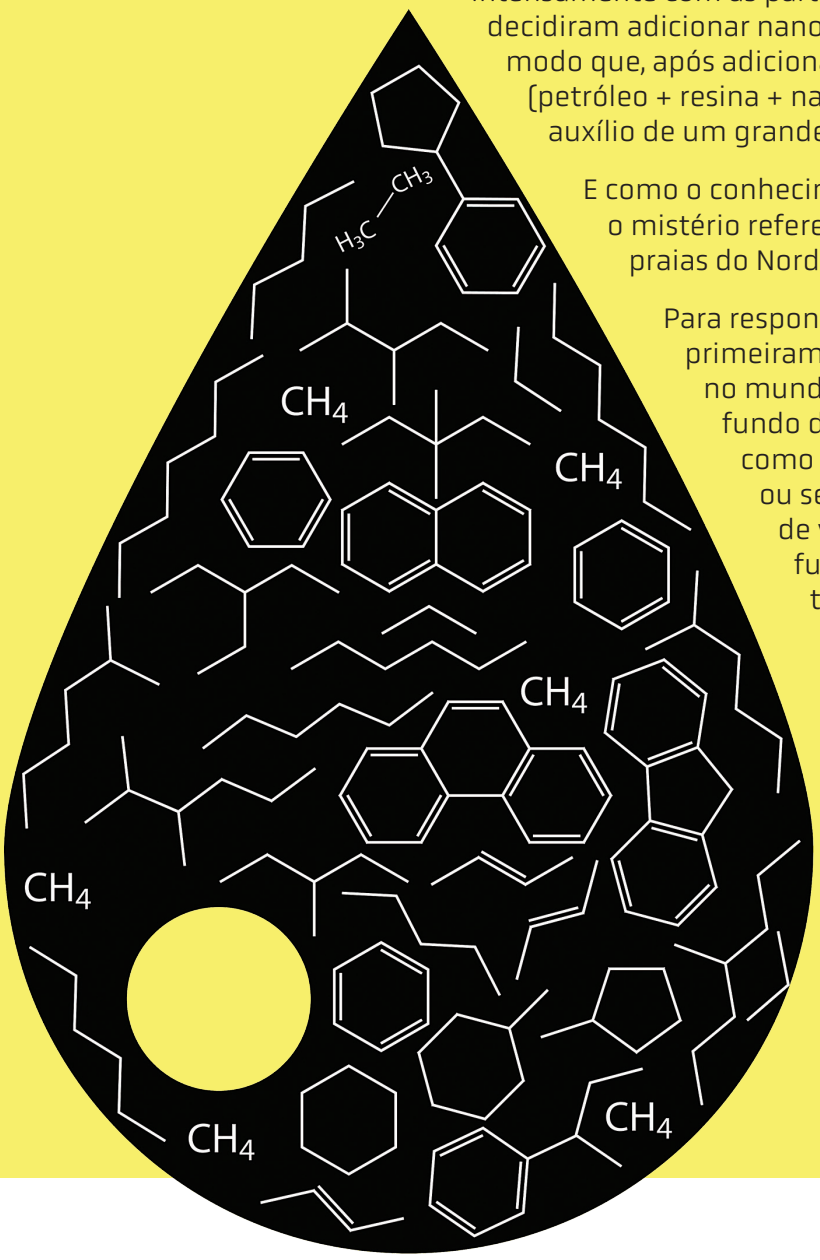
Leia sobre a pesquisa da UFRJ para remoção do petróleo utilizando óleo de mamona e castanha de caju acessando o *link*.

http://ftd.li/3ebdti

As respostas, felizmente, são sim, as ciências sempre têm muito a contribuir, como visto no segundo texto da seção **Contato imediato**. No campo das ciências matemáticas, cientistas realizaram o que eles chamam de cálculo reverso para determinar matematicamente em que lugar deve ter ocorrido o derramamento do petróleo, ou seja, a fonte de todo o problema. Quando o assunto é a contenção do petróleo derramado, a Química assume papel importante, permitindo o desenvolvimento de barreiras que contenham câmeras infláveis, constituídas por tecidos resistentes revestidos de poliuretano, poliéster, policloreto de vinila (PVC) ou neoprenos. O princípio dessa barreira é cercar a mancha de óleo, evitando que o vazamento se espalhe. Em seguida, o óleo pode ser removido da água com base em diferentes procedimentos, dependendo das características do óleo e da extensão do vazamento. Em alguns casos, um equipamento chamado recolhedor é empregado com esse propósito.

Ainda em relação à remoção do petróleo derramado no mar, cientistas da Universidade de Calgary, no Canadá, desenvolveram recentemente uma esponja constituída por nitreto de boro magnético que tem a capacidade de absorver petróleo numa quantidade equivalente a 53 vezes o seu próprio peso. Além disso, após essa absorção, o petróleo pode ser recuperado da esponja.

Recentemente, pesquisadores da UFRJ também desenvolveram um método barato e eficiente para remover petróleo derramado no mar. Eles criaram uma resina a partir da castanha de caju e do óleo da mamona que interage intensamente com as partículas que constituem o petróleo. A essa resina, decidiram adicionar nanopartículas magnéticas, as maghemitas, de modo que, após adicionadas ao petróleo derramado, todo o conjunto (petróleo + resina + nanopartículas) possa ser retirado do mar com o auxílio de um grande ímã.



E como o conhecimento em Química pode ajudar a desvendar o mistério referente à procedência do petróleo que atingiu as praias do Nordeste brasileiro?

Para responder a essa pergunta, precisamos primeiramente lembrar como o petróleo foi formado no mundo. Petróleo é um combustível encontrado no fundo dos oceanos, bem como em rochas conhecidas como sedimentares. Foi formado a partir de fósseis, ou seja, a partir de restos de animais mortos e de vegetais que se acumularam e reagiram no fundo de lagos e mares, sob a ação de pressão e temperatura elevadas, durante milhões de anos.

Mas afinal, qual a composição química do petróleo?

O petróleo é um líquido oleoso e insolúvel em água, com coloração que varia do amarelo ao preto. É constituído por uma mistura complexa de compostos orgânicos, em sua maior parte hidrocarbonetos, ou seja, moléculas constituídas somente por átomos de carbono e de hidrogênio.

Para saber mais sobre o petróleo, seus tipos e sua composição, acesse o *site* da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

http://ftd.li/dp6ait

Em razão dessa complexidade na composição do petróleo e de sua formação natural, podemos compreender como é possível identificar sua procedência no caso de um vazamento no mar. Como cada região do planeta possui uma composição de vegetação e fauna diferentes, é de se esperar que o petróleo originado em cada parte distinta do mundo tenha constituição diferente. Além disso, a composição do petróleo depende da idade da bacia sedimentar, ou seja, do tempo em que o petróleo em questão levou para ser formado. Essa identidade do petróleo é conhecida como impressão digital do petróleo.

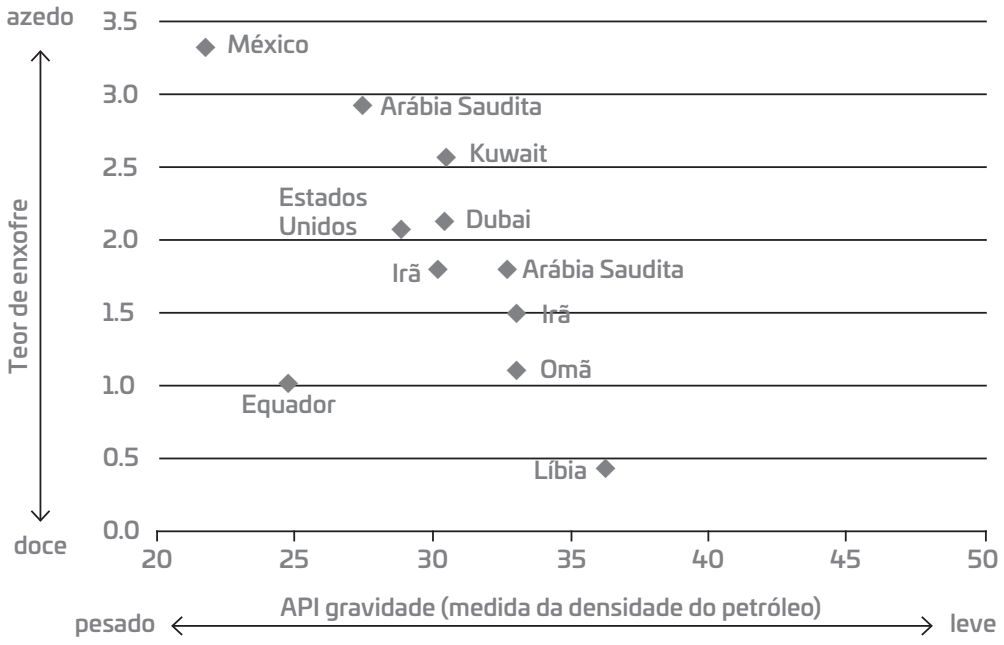
Assim, é possível, por meio de análises químicas, reconhecer a composição básica de uma amostra de petróleo, determinando os percentuais com que as principais classes de compostos aparecem na amostra.

Além da composição, é possível determinar a densidade do petróleo bruto e seu teor de enxofre, que são propriedades relevantes dos diferentes óleos. De posse dessas informações, podemos confrontá-las com bancos de dados de petróleos existentes no mundo, reconhecer sua identidade e, portanto, sua procedência.

Com relação à densidade, os petróleos ao redor do mundo podem apresentar desde baixa densidade até alta densidade. Em relação ao teor de enxofre, ele pode ser baixo, caracterizando o petróleo "doce", ou pode ser alto, definindo o petróleo "azedo". Os petróleos de baixa densidade e doces são os mais desejados, uma vez que podem ser processados com menores quantidades de energia para produzir seus derivados, como gasolina e diesel, por exemplo.

Uma apresentação interessante desses "bancos de dados" pode ser visualizada no gráfico abaixo, que apresenta o conteúdo de enxofre (%) em petróleo bruto *versus* suas densidades. É fácil notar que petróleos brutos oriundos de diferentes regiões do mundo apresentam distintas correlações de teores de enxofre e densidades.

RELAÇÃO ENTRE TEOR DE ENXOFRE E DENSIDADE DE PETRÓLEO AO REDOR DO MUNDO

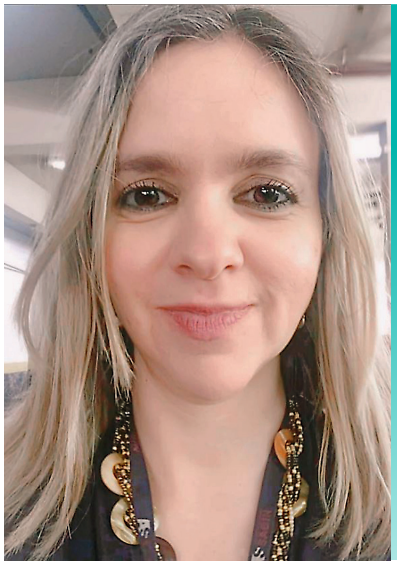


Fonte: U. S. Energy Information Administration, based on Energy Intelligence Group — **International Crude Oil Market Handbook**.

Como são determinadas as composições químicas dos diferentes petróleos do mundo? Como essas análises são realizadas?

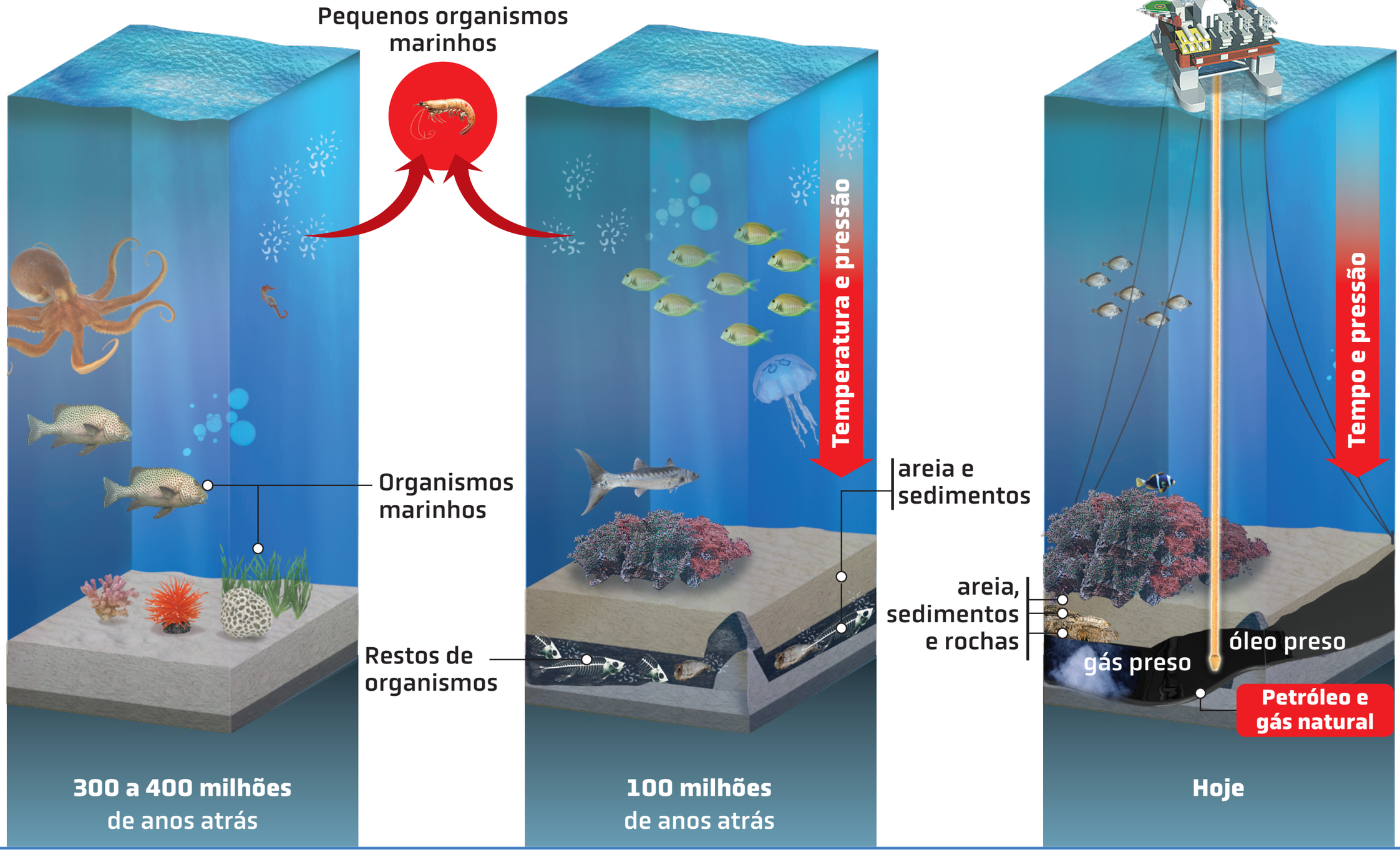
Dada a complexidade do petróleo, até hoje nenhum petróleo bruto foi completamente separado nos seus componentes individuais, embora muitos de seus componentes tenham sido identificados. A técnica comumente utilizada com o propósito de identificar as quantidades percentuais de cada uma das classes de hidrocarbonetos presentes do petróleo bruto é a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas.

Enfim, vimos resumidamente como a ciência permite a identificação de variados compostos químicos, sendo essencial não somente na elucidação da origem do petróleo como também na remediação de danos ambientais. Com o desenvolvimento de novos materiais – como nanopartículas magnéticas acopladas a resinas de origem natural, superesponja, entre outras – podemos, por exemplo, recuperar o óleo derramado em alto-mar. É por essa razão que nós cientistas pedimos por maiores investimentos à Ciência.



Carina Loffredo de Oliveira Neto é bacharel e licenciada em Química pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo e doutora em Bioquímica pela Universidade de São Paulo. Realizou pós-doutorado na área de petróleo no Instituto de Química da Universidade de São Paulo, sendo bolsista pela Petrobras. Atualmente, leciona Química no Colégio Albert Sabin, ministra aulas particulares, é autora de material didático e consultora nas áreas de Pesquisa & Desenvolvimento e Propriedade Intelectual.

Formação natural de petróleo e gás natural



REFLEXÃO NA PRÁTICA

ARTICULANDO IDEIAS E PRÁTICAS

> Investigação Científica

1. O mapa a seguir mostra as localidades afetadas pelo óleo até dezembro de 2019.



Acesse o *site* do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) (http://ftd.li/oochyh) e compare as regiões atingidas.

Em seguida, em grupos, façam uma pesquisa em *sites* governamentais e na mídia sobre os fatos recentes relacionados a essa tragédia. Exemplos de pontos que devem ser pesquisados:

- Foi descoberta a origem do vazamento? Quais técnicas foram utilizadas?
- Ainda há praias com manchas de óleo? Se sim, a quantidade é maior ou menor que em novembro de 2019?
- Quais técnicas estão sendo ou foram utilizadas para limpeza do litoral?
- Houve impacto no turismo da região? É possível medir esse impacto?
- As economias dos locais atingidos foram afetadas de alguma forma? Descreva.
- Após a retirada do petróleo, a água do mar fica contaminada com alguma substância?

Ao final da pesquisa, escrevam um texto descrevendo quais foram os desdobramentos dessa tragédia, indicando causas, impactos ambientais, sociais e econômicos e possíveis soluções.

IBAMA EMERGÊNCIA AMBIENTAL — IBAMA MMA

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS-IBAMA

0 100 200 300 km
0 50 100 150 NM

Sistema de Coordenadas Geográficas
DATUM SIRGAS 2000

VISTORIA EM ÁREAS COM LOCALIDADES OLEADAS NO LITORAL BRASILEIRO NAS ÚLTIMAS 24H

LEGENDA

Total de áreas vistoriadas em 24h [79]

- Oleada - Manchas (mais que 10% de contaminação) [0]
- Oleada - Vestígios/Esparsos (até 10% de contaminação) [17]
- Praias limpas (óleo não observado) [62]
- BRUFE250GC_SIR

OpenStreetMap

Obs.: O conceito de localidade utilizado neste mapeamento se restringe a uma área de 1km ao longo da costa. Portanto uma praia com uma faixa de areia com 10km possui 10 localidades.

Fontes:
IBAMA/NMI-CE, IBAMA/SISCOM, IBGE, OpenstreetMap
Vistorias em campo realizadas por IBAMA, ICMBio, Marinha do Brasil, Defesa Civil, Prefeituras Municipais e Instituições Parceiras

Elaboração:IBAMA-Emergência Ambiental,NMI-CE
Data de Elaboração: Data: 9/12/2019

ORIENTAÇÕES DE USO

Antes de realizar a atividade 1, organizem-se em grupos. Cada grupo deve ler as orientações e, em seguida, dividir as tarefas e os temas a serem pesquisados. Ao final, discutam sobre os resultados e produzam o texto pedido.

ORIENTAÇÕES DE USO

Durante a realização desta atividade, diversos conceitos químicos podem ser trabalhados: misturas homogêneas e heterogêneas, métodos de separação de misturas formadas por líquidos imiscíveis, solubilidade, densidade, solubilidade, polaridade e reação de transesterificação.

Cuidado com o hidróxido de sódio! Essa substância reage com o vidro e por isso deve ser armazenado em recipientes feitos de plástico. Utilize luvas, óculos protetor e máscara ao manipulá-lo, pois é um produto altamente corrosivo, que pode provocar queimaduras, cicatrizes e até cegueira se sua solução aquosa entrar em contato com os olhos.

2. De forma semelhante ao petróleo derramado no mar, o óleo utilizado em residências e restaurantes no preparo de alimentos pode ser prejudicial ao ambiente se não for descartado corretamente. Em sacos plásticos, com o resto de outros alimentos, ou na pia, o óleo pode atingir o solo e até mesmo os lençóis freáticos. Observe a seguir algumas orientações para a realização de um experimento que utiliza o óleo residual de cozinha para a produção de biodiesel, com o objetivo de dar uma utilidade mais nobre ao óleo usado em frituras.

Materiais necessários:

- balança
- garrafa PET de volume superior a 600 mL
- proveta de 100 mL
- funil de decantação
- 100 mL de óleo vegetal (óleo de cozinha)
- 55 mL de etanol (álcool comum)
- 50 mL de água
- 2 g de hidróxido de sódio (soda cáustica) e 1 g de cloreto de sódio (sal de cozinha)
- um copo de vidro

Procedimento experimental:

1- Transferir o hidróxido de sódio para a garrafa PET.

2- Adicionar 30 mL de etanol para a garrafa PET, que já contém o hidróxido de sódio. Fechar a garrafa e agitar para dissolver o hidróxido de sódio.

3- Adicionar óleo vegetal ao interior da garrafa PET, fechá-la e agitá-la.

4- Adicionar 25 mL de etanol, 50 mL de água e cloreto de sódio à garrafa PET. Fechar a garrafa e agitá-la por 2 minutos.

5- Deixar a garrafa em repouso por 3 minutos.

6- Transferir o conteúdo da garrafa para o funil de decantação, aguardar a separação das fases e retirar a fase mais densa, transferindo-a para um copo. A fase menos densa é o biodiesel.

Questões para discussão:

- Por que na etapa 2 houve liberação de calor? Como é chamado esse processo?
- Qual é a função do hidróxido de sódio nessa reação?
- Qual é a importância da adição de água, cloreto de sódio e o restante de etanol?
- O que acontece durante o descanso do meio reacional?
- Quais são os usos do glicerol (glicerina)?

SUGESTÕES DE TRABALHO

POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO

1. Resposta pessoal. Esta atividade possibilita o desenvolvimento de uma pesquisa bibliográfica e sua síntese em um texto. Além de possibilitar discussões acerca de tragédias ambientais e do papel da ciência para contê-las e evitar futuros desastres.

2.

- A dissolução do hidróxido de sódio em álcool é um processo exotérmico, por isso houve liberação de calor para o meio.
- O hidróxido de sódio atua como catalisador da reação de esterificação.
- A adição dessa mistura promove a solubilização da glicerina formada na reação de esterificação. O biodiesel é apolar e não se dissolve na mistura, separando-se assim da fase aquosa.
- Na etapa de descanso, ocorre a decantação e a separação das duas fases: a fase aquosa e mais densa, que contém a água, o etanol, o cloreto de sódio e a glicerina, e a fase orgânica e menos densa, que contém o biodiesel sintetizado.
- A glicerina tem variadas aplicações: é usada em pomadas, xaropes, cremes dentais, amaciantes; como umectante em embalagens de queijos; quando adicionada a doces, retarda a cristalização do açúcar; é usada como solvente para corantes e na síntese de poliglicerol, usado em margarinas, entre outras aplicações.

Na BNCC:
- EMIFCG01
- EMIFCG02
- EMIFCNT01

Conteúdos abordados:
- Importância da ciência no bem-estar humano e ambiental.
- Descarte adequado de óleos em consumo doméstico.
- Formação e caracterização do petróleo.
- Como a ciência pode ajudar a identificar a fonte de um petróleo.

Neste ciclo 2020, **Articulação Itinerários (CNT)** aborda temas relacionado à Ciência e Meio Ambiente, com ênfase no conhecimento científico a favor da humanidade, em que se pretende apresentar a ciência como estratégia para o desenvolvimento social, econômico e/ou sustentável. Sempre com foco no bem-estar da sociedade e das gerações futuras.

ARTICULAÇÃO
ITINERÁRIOS
NATUREZA
FEVEREIRO | 2020 EDIÇÃO Nº 2

FTD EDUCAÇÃO

Diretor de conteúdo e negócios
Ricardo Tavares de Oliveira
Diretor adjunto de Sistema de Ensino
Cayube Galas
Gerente editorial
Júlio César D. Silva Ibrahim
Gerente de produção e *design*
Letícia Mendes de Souza
Editora
Claudia Pedro Winterstein
Editora assistente
Crizélia Bezerra

Coordenador de eficiência e *analytics*
Marcelo Henrique Ferreira Fontes
Supervisora de preparação e revisão
Adriana Soares de Souza
Preparadora
Luciana Baraldi
Revisão
Equipe FTD
Coordenadora de imagem e texto
Marcia Berne
Pesquisa de Iconografia
Equipe FTD
Coordenadora de arte
Daniela Máximo
Supervisor de arte
Fabiano dos Santos Mariano
Projeto gráfico
Bruno Attilli
Editora de arte
Adriana Maria Nery de Souza

Créditos das imagens:
p. 1. Agência Pixel Press/Folhapress; p.2. MATEUS MORBECK/AFP; p.3. HO/PERNAMBUCO STATE GOVERNMENT/AFP;
p.6. MATEUS MORBECK/AFP; p.7. chromatos/Shutterstock.com; p.9. Acervo pessoal; p. 10. Alex Silva;
p. 11. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE –MMA INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS–IBAMA