INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

O USO DA ECOTOXICOLOGIA NA INVESTIGAÇÃO DE PADRÕES DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DAS GRAXAS KENDEX OCTG E JET LUBE® KORR-GUARD™

SAMANTHA SOUZA DE ALMEIDA

MACAÉ-RJ

2022

SAMANTHA SOUZA DE ALMEIDA

O USO DA ECOTOXICOLOGIA NA INVESTIGAÇÃO DE PADRÕES DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DAS GRAXAS KENDEX OCTG E JET LUBE® KORR-GUARD™

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Orientador: Dr. Manildo Marcião de Oliveira
Coorientador: Dr. Victor Barbosa Saraiva

MACAÉ-RJ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A447u Almeida, Samantha Souza de, 1989-.
O uso da ecotoxicologia na investigação de padrões de construção de poços de petróleo: avaliação da toxicidade das graxas Kendex OCTG e Jet Lube® Korr-Guard™ / Samantha Souza de Almeida. — Macaé, RJ, 2022.
xiv, 66 f.: il. color.

Orientador: Manildo Marcião de Oliveira, 1969-.
Coorientador: Victor Barbosa Saraiva, 1976-.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2022.
Inclui referências.
Área de concentração: Sustentabilidade Regional.
Linha de Pesquisa: Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

1. Testes de toxicidade – Brasil. 2. Toxicologia ambiental. 3. Poços de petróleo - perfuração – Brasil. 4. Resíduos perigosos - Aspectos ambientais. 5. Lubrificação e lubrificantes. I. Oliveira, Manildo Marcião de, 1969-, orient. II. Saraiva, Victor Barbosa, 1976-, coorient. III. Título.

CDD 615.907 (23. ed.)

Bibliotecário-Documentalista | Daviane da Silva Ribeiro | CRB-7/ 6441

Dissertação intitulada **O USO DA ECOTOXICOLOGIA NA INVESTIGAÇÃO DE PADRÕES DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DAS GRAXAS KENDEX OCTG E JET LUBE® KORR-GUARD™** elaborada por **Samantha Souza de Almeida** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovado em: 16/03/2022

Banca Examinadora:

Manildo Marcião de Oliveira, Doutor em Biociências Nucleares / Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
VICTOR BARBOSA SARAIVA
Data: 27/04/2022 13:31:40-0300
Verifique em https://verificador.iti.br

Victor Barbosa Saraiva, Doutor em Ciências (Biofísica) / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Coorientador

Vicente de Paulo S. de Oliveira, Doutor em Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa, Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Membro Interno

Thiago Moreira de Rezende Araujo:05530254730
Assinado de forma digital por Thiago Moreira de Rezende Araujo:05530254730
Dados: 2022.04.16 12:32:46 -03'00'

Thiago Moreira de Rezende Araújo, Doutor em Ciências Naturais / Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Membro Interno

Maurício Mussi Molisani, Doutor em Geociências (Geoquímica) / Universidade Federal Fluminense (UFF), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Membro Externo

DEDICATÓRIA

Ao meu vovô Zé (*in memoriam*) por seu exemplo de simplicidade. Por, sem nunca ter precisado expressar em palavras sua nobre capacidade de não precisar de muito, do supérfluo, ter deixado um legado de uma vida sem compromisso com o julgamento alheio e uma herança baseada no ensinamento de que a felicidade e a paz interior não dependem do ter e sim do ser.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me fortalecer e amparar nos momentos de fraqueza e dor. Por me permitir realizar sonhos e projetos, por me mostrar que sou capaz mesmo quando duvido.

Agradeço à minha mãe pela educação, incentivo e suporte.

Agradeço a Arthur, por toda confiança depositada em mim, em diversos aspectos, e por dividirmos a vida com companheirismo e leveza.

Agradeço a todos os professores que tive o privilégio de encontrar ao longo da minha jornada estudantil. Houve aprendizado em todos os encontros e toda experiência pode ser convertida em algum tipo de estímulo.

Agradeço a Bibi e Bô por todo amor e carinho incondicional.

Agradeço a Rafael Alonso, por todo reconhecimento e oportunidades que me permitiram conduzir e conciliar escolhas de forma a seguir construindo uma carreira pautada em investimento em aprendizado constante.

Agradeço ao meu orientador, Manildo Marcião de Oliveira, por sua dedicação ao ensino e à pesquisa que viabilizaram a condução deste trabalho mesmo durante a pandemia. Sua capacidade de compreensão, liderança e disponibilidade são exemplos de humanidade, empatia e vocação raros.

Agradeço o IFFluminense, especialmente ao LEMAM, pela estrutura e existência que permite a realização de mudanças nas vidas dos que por suas instalações passam e com seus colaboradores convivem.

EPÍGRAFE

Triste, louca ou má será qualificada ela, quem recusar seguir receita tal: a receita cultural do marido, da família. Cuida, cuida da rotina. Só mesmo rejeita bem conhecida receita quem, não sem dores, aceita que tudo deve mudar Que um homem não te define, sua casa não te define, sua carne não te define. Você é seu próprio lar. Ela desatinou, desatou nós, vai viver, só. Eu não me vejo na palavra fêmea: Alvo de caça. Conformada, vítima. Prefiro queimar o mapa, traçar de novo a estrada, ver cores nas cinzas e a vida reinventar. Eu sou meu próprio lar. (Liniker)

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO CIENTÍFICO 1	
Figura 1 – Poços perfurados no Brasil.....	14
ARTIGO CIENTÍFICO 2	
Figura 1 – Preparação do teste qualitativo.....	44
Figura 2 – Metodologia utilizada no teste de toxicidade aguda.....	44
Figura 3 – Protocolo de lavagem química.....	45
Figura 4 – Processo de produção da fração solúvel em água das graxas Jet Lube e Kendex OCTG	46
Figura 5 – Processo de eclosão das Artemias.....	46
Figura 6 – Metodologia utilizada no ensaio de fuga.....	48
Figura 7 – Preparação dos recipientes-teste.....	48
Figura 8 – Alimentação das câmaras bipartidas com solo controle e substância avaliada.....	49
Figura 9 – Seleção das minhocas.....	49
Figura 10 – Posicionamento das minhocas no centro dos recipientes-teste.....	50
Figura 11 – Comportamento de fuga.....	57

LISTA DE TABELAS

ARTIGO CIENTÍFICO 2	
Tabela 1 – Resultados do teste qualitativo.....	51
Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos da água – Ensaio 1.....	52
Tabela 3 – Resultados do primeiro ensaio de toxicidade aguda.....	52
Tabela 4 – Parâmetros físico-químicos da água – Ensaio 2.....	53
Tabela 5 – Resultados do segundo ensaio de toxicidade aguda.....	54
Tabela 6 – Resultados do ensaio de fuga.....	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição da produção de petróleo e gás natural por operador.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1	
Quadro 1 – Análise dos aspectos ambientais divulgados por fabricantes, nas FISPQs das graxas de armazenagem.....	20
Quadro 2 – Análise dos aspectos ambientais divulgados por fabricantes, nas FISPQs das graxas de descida.....	21
ARTIGO CIENTÍFICO 2	
Quadro 1 – Lista de materiais e equipamentos utilizados no teste de toxicidade aguda.....	41
Quadro 2 – Lista de materiais e equipamentos utilizados no ensaio de fuga.....	42

LISTA DE ABREVITURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANP - Agência Nacional do Petróleo

API – American Petroleum Institute

Bbl/d – Barris por dia

CL 50 – Concentração Letal Mediana

H – Horas

LEMAM – Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental

Mm^3/d – Milhares de metros cúbicos por dia

NBR – Norma Brasileira

PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.

ISO - International Organization for Standardization

O USO DA ECOTOXICOLOGIA NA INVESTIGAÇÃO DE PADRÕES DE CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DAS GRAXAS KENDEX OCTG E JET LUBE® KORR-GUARD™

RESUMO

A construção de poços é uma das diversas etapas inerentes à atuação da indústria petrolífera. Complexa e onerosa, a operação de descida de revestimentos (tubos) ocorre após a perfuração, precede a cimentação e viabiliza a contenção das paredes do poço, de forma a permitir que outras tantas atividades sejam realizadas de forma mais segura. A contaminação ambiental é produto conhecido desta indústria, embora muitos detalhes dos seus processos estejam protegidos pela frequente confidencialidade que envolve os negócios lucrativos e realizados com equipamentos e tecnologias patenteados. A larga utilização de compostos químicos é uma das características do cotidiano de se manutenir, reparar e operar equipamentos e ferramentas. No caso da instalação de revestimentos, a aplicação de diferentes graxas com propósitos que envolvem a preservação das conexões durante estocagem e estabilização do fator de fricção durante a aplicação do torque produzem uma contínua geração de resíduos. Visando conhecer os potenciais efeitos tóxicos de tais produtos (largamente utilizados no Brasil), bioensaios foram realizados com o objetivo de identificar o comportamento toxicológico de graxas nos ambientes aquático e terrestre. A partir dos testes de toxicidade aguda e ensaio de fuga, usando organismos-teste com relevância ecológica, a *Artemia franciscana* e *Eisenia andrei,* foi possível obter informações ecotoxicológicas acerca das graxas Kendex OCTG e API *Modified* Jet Lube® Korr-Guard™.

Palavras-chave: Graxas. *Artemia franciscana*. *Eisenia andrei.*

THE USE OF ECOTOXICOLOGY IN THE RESEARCH OF OIL WELL CASING STRING OPERATIONS: TOXICITY EVALUATION OF KENDEX OCTG E JET LUBE® KORR-GUARD™

ABSTRACT

The construction of wells is one of the several stages inherent to the performance of the oil industry. Complex and costly, the operation of descending casing and tubing occurs after drilling, precedes cementation and makes it possible to contain the well walls, in order to allow so many other activities to be carried out more safely. Environmental contamination is a well-known product of this industry, although many details of its processes are protected by the frequent confidentiality that involves profitable business and carried out with patented equipment and technologies. The wide use of chemical compounds is one of the daily characteristics of maintaining, repairing and operating equipment and tools. In the case of installation of casing and tubing, the application of different dopes for purposes that involve the preservation of connections during storage and stabilization of the friction factor during the application of torque produce a continuous generation of residues. Aiming to know the potential toxic effects of such products (widely used in Brazil), bioassays were carried out with the objective of identifying the toxicological behavior of greases in aquatic and terrestrial environments. From the acute toxicity tests and leakage test, using test organisms with ecological relevance, Artemia franciscana and Eisenia andrei, it was possible to obtain ecotoxicological information about Kendex OCTG and API Modified Jet Lube® Korr-Guard™ greases.

Keywords*: Thread compunds. Artemia franciscana. Eisenia andrei.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE ABREVITURAS E SIGLAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1: A UTILIZAÇÃO DE GRAXAS EM REVESTIMENTOS DURANTE A CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: ANÁLISE DE FICHAS DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS.....	09
1. INTRODUÇÃO.....	09
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1. Graxas.....	13
2.2. Tecnologias que dispensam o uso de graxas.....	16
2.3. Ecotoxicologia de óleo.....	18
3. MATERIAL E MÉTODO.....	19
3.1. Material.....	19
3.2. Método.....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÃO.....	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
ARTIGO CIENTÍFICO 2: AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE GRAXAS KENDEX OCTG E JET LUBE® KORR-GUARD™: UM ESTUDO SOBRE EFEITOS NOS AMBIENTES AQUÁTICO E TERRESTRE.....	32
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	35
2.1 Construção de Poços de Petróleo.....	36
2.2 Ecotoxicologia.....	37
2.3 Teste de toxicidade aguda.....	38
2.4 Ensaio de fuga.....	39
3. MATERIAL E MÉTODO.....	40
3.1. Material.....	40
3.1.1 Material utilizado no Teste de toxicidade aguda.....	41

3.1.2 Material utilizado no ensaio de fuga.....	42
3.2. Método.....	43
3.2.1 Teste de toxicidade aguda.....	43
3.2.2 Ensaio de fuga.....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Pré-teste e testes de toxicidade aguda.....	51
4.2 Ensaio de fuga com *Eisenia andrei* (minhocas).....	56
5. CONCLUSÃO.....	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO.....	64

APRESENTAÇÃO

A importância da indústria petrolífera para a economia mundial é incontestável. Medidas estratégicas adotadas por tal segmento do mercado impactam em diversos outros setores. Consequentemente, seja direta ou indiretamente, toda a sociedade é afetada. Aspectos diferenciados como explosões demográficas e consumo dos derivados posteriores à transformação da matéria-prima extraída de jazidas, são apenas alguns exemplos.

O potencial poder negativo desta indústria, no que diz respeito à geração de desequilíbrios e graves malefícios ao meio ambiente, deve ser incansavelmente estudado. Ademais, estímulos à adesão de tecnologias em prol da preservação e mudanças de cultura organizacional de empresas relevantes no cenário mundial tornam-se mais consistentes se embasados por pesquisas científicas.

Apesar do protagonismo da Petrobras no ranking das operadoras, vale ressaltar que outras trinta e três empresas atuam no ramo de exploração de petróleo no Brasil, conforme registro da ANP. O órgão também registra índices relacionados ao setor, que permitem conjecturas quanto à complexidade envolvida em cada etapa (incluindo a fiscalização do cumprimento das determinações legais). Abaixo, estão disponíveis as dez principais companhias produtoras nacionais de petróleo e gás natural e seus respectivos desempenhos.

Quadro 1: Distribuição da produção de petróleo e gás natural por operador

Nº	Operador	Petróleo (bbl/d)	Gás Natural (Mm^3/d)
1	Petrobras	2.783.112	121.634
2	Shell Brasil	54.373	586
3	Total E&P do Brasil	28.713	886
4	Enauta Energia S.A.	29.648	221
5	Petro Rio Jaguar	19.077	256
6	Equinor Brasil	12.482	19
7	Petro Rio O&G	10.629	36
8	Potiguar E&P S.A.	4.775	154
9	Dommo Energia	5.447	15
10	Perenco Brasil	4.013	19

Fonte: Agência Nacional do Petróleo. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural – Circulação Externa, 2020.

O custo e os riscos envolvidos na perfuração de poços, bem como a necessidade de planejamento minucioso do processo de posicionamento de revestimentos no poço são significativos e devem ser considerados. (MATTOS; CAMPOS, 2017).

Pereira (2014, p. 23) reforça que "o revestimento do poço [...] permite o retorno do fluido de perfuração à superfície e o controle das suas pressões, previne o desmoronamento das paredes, evita a contaminação das águas subterrâneas e sustenta os equipamentos de perfuração".

Predominantemente fabricados a partir de aço carbono, ligas resistentes à corrosão e cromo, revestimentos (conhecidos popularmente como tubos) são produzidos após um longo e controlado processo de manufatura. Para que a integridade das conexões seja preservada durante o período de estocagem e transporte, graxas são aplicadas sobre as roscas.

O Instituto Americano de Petróleo (API, 2015, p. 01, tradução nossa) estabelece recomendações no tocante à prática de se utilizar graxa em conexões instaladas em poços de petróleo e define o composto como "substância aplicada às conexões dos tubos rosqueados antes dos make ups, para lubrificação das mesmas durante a montagem e desmontagem, além de contribuição no processo de vedação de pressões internas e externas". O termo "thread compound API Modified" é descrito como "uma mistura, composta por pós metálicos e de grafite uniformemente dispersos em uma base de graxa".

> O API padronizou procedimentos industriais e operacionais para fabricação e manuseio de tubos de revestimentos. Suas recomendações e padronizações são adotadas em quase sua totalidade pelos países ocidentais, inclusive o Brasil, embora alguns produtos ou procedimentos "não API" também sejam adotados. (SANTOS; MONTEIRO; GUIMARÃES, 2016, p. 04).

Compreender o nível de detalhamento associado à elaboração da sequência operacional executada em uma perfuração de poços é fundamental para que se assimile a criticidade das operações de descida de revestimento.

Uma equipe multidisciplinar, composta por projetistas, geólogos e especialistas em diferentes áreas de conhecimento (como metalurgia, química e mecânica), compartilha a responsabilidade pelo planejamento e execução minuciosos das inúmeras etapas necessárias para a realização das intervenções nos poços. Levantamento de custos, desenvolvimento de fornecedores, análises de riscos, elaboração de especificações técnicas, previsão de demandas e determinação das qualificações profissionais são alguns exemplos de passos indispensáveis ao sucesso da atividade petrolífera.

Elaborado o projeto de perfuração, determinada a plataforma a ser utilizada, estimados os materiais e solicitadas as equipes, a logística para mobilização dos bens e serviços tem início. São inúmeras carretas, caminhões, rebocadores, barcos e helicópteros envolvidos no transporte contínuo de itens e profissionais para sondas terrestres e marítimas.

Apesar dos aspectos econômicos positivos percebidos há décadas (como fomento à capacitação especializada e geração de empregos direta ou indiretamente), ações contrárias à preservação dos ambientes nos quais empresas do segmento e plataformas se instalam, também são realidade.

A equivocada percepção de que a gestão de resíduos é uma solução satisfatória à poluição gerada pelas atividades industriais (e domésticas) exige urgente reflexão. A crença de que a legislação prevê todos os casos demandantes de regulação e que o estrito cumprimento da lei é uma constante, beira a utopia.

A não geração de resíduos é tida como impossível, apesar de não ser em inúmeras situações. A aceitação do descarte nos moldes da legislação, como se a destinação final do lixo e rejeitos deixasse de ocorrer no mesmo ambiente onde são produzidos, é a forma menos sustentável de se lidar com o inconveniente admitido como contrapartida ao progresso.

Além das questões supracitadas, a geração de resíduos sólidos contaminados também merece destaque. Protetores de rosca e trapos utilizados durante a limpeza das conexões, pinceis e uniformes dos trabalhadores representam parte do volume de objetos resultante da atividade industrial analisada. Presumir que tais resíduos são adequadamente descartados, ignorando a possibilidade de sequer produzi-los é, sem dúvida e no mínimo, uma opção mitigadora e não preventiva.

Empresas metalúrgicas multinacionais com incontestável *know how*, empenhadas em desenvolver conexões resistentes e confiáveis, investem constantemente em tecnologias que garantam as melhores combinações entre processos produtivos e variáveis como espessuras, graus, diâmetros interno e externo, comprimentos e pesos. Além do exposto, também são desenvolvidas soluções que visam a diminuição do impacto ambiental, todavia com demanda incomparavelmente inferior às solicitações voltadas à aumento de produtividade e segurança.

A quantidade de graxa aplicada nas chamadas conexões standard é variável. Cada fabricante de revestimentos determina o modo de aplicação conforme parâmetros específicos, relacionados ao tipo de conexão e graxa aprovada. Ao discutir o impacto dessa prática, é preciso considerar todas as fases revestidas e manobras para descida de colunas temporárias, sem deixar de estimar a demanda por graxa de estocagem.

A compreensão global do processo, no qual toda uma cadeia de segregação de materiais contaminados e gestão destes precisa ocorrer de forma coordenada e eficaz para que se garanta a adequada destinação dos diferentes resíduos gerados, por si só, já indica a importância da deliberação em questão.

Igualmente importante, mas não tratada como tal, a saúde dos trabalhadores que manipulam graxas deve ser avaliada de forma criteriosa. Assumir que a indicação e disponibilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) são suficientes para evitar a contaminação e riscos associados é mais uma hipocrisia que envolve a relação empregado x empregador, desde os primórdios. (MEIRELLES; VEIGA e DUARTE, 2016).

A simples retirada e recolocação das luvas de proteção (considerando que não são imediatamente descartáveis) permite o contato do funcionário com a graxa, mesmo que em pequenas proporções. Visto que, como já exposto, a atividade de aplicação de tais produtos químicos é rotineira durante uma operação de descida de revestimentos, fica óbvia a presença de ambiente propício ao contato entre seres humanos e metais pesados contidos nas graxas manipuladas constantemente. KHAN, 2011). O aprofundamento acerca da nocividade das graxas API Modified, fabricadas por companhias como a Petróleo Brasileiro S.A. e algumas das mais utilizadas na indústria petrolífera por empresas como a própria Petrobras, além da Shell, Equinor e Eneva, relacionando-a a espécies selecionadas a partir da disponibilidade do litoral brasileiro (por meio de ensaio laboratorial) possui potencial para suscitar debates, revisões de procedimentos e, quiçá, normas adotadas atualmente.

Se, outrora, a utilização de graxas em conexões que compõem a estrutura dos poços de petróleo era a única solução vislumbrada para os problemas operacionais encontrados, atualmente a tecnologia oferece novas possibilidades Naturalmente, assim como ocorre em outros segmentos do mercado, a junção observação e experimentação no espaço temporal contribui para a compreensão de fenômenos e ocorrências, bem como para a descoberta de soluções ou meios de amenização dos efeitos negativos provenientes de determinadas ações. Faz-se necessário, portanto, massificar a disseminação da informação quanto à existência de opções mais sustentáveis para este tipo de negócio.

O temor relacionado à ocorrência de eventos catastróficos como os acidentes do Campo de Frade (Brasil), Macondo (Estados Unidos) e Campo de Ekofisk (Noruega) contribuiu para que os profissionais da indústria revisassem as metodologias de gestão de riscos utilizadas durante a perfuração de poços de petróleo, em diferentes âmbitos (OLIVEIRA, 2019).

Inicialmente, quando se tratava de *make ups* de conexões em construção de poços de petróleo, acreditava-se na aplicação de graxas (*thread compound*) como tarefa imprescindível para garantia do desempenho e segurança das operações de descida de revestimento.

O advento de perfurações mais profundas resultou em pressões de serviço mais altas, temperaturas de formação aumentadas e cargas mais pesadas da coluna. Como resultado, o problema de vazamento de juntas em casing e tubing é de grande importância. Os resultados de campo provaram conclusivamente que as juntas roscadas em produtos tubulares não serão estanques à pressão, a menos que as roscas sejam revestidas adequadamente com um composto de rosca adequado. (MAYBERRY, 1951, p. 01, tradução nossa).

Décadas depois, diferentes motivações levaram a pesquisas de distintas abordagens sobre as chamadas graxas verdes (*green dope*) e evoluíram ao entendimento que passou a considerar a aplicação de graxas para realização dos apertos entre conexões como obsoleta e, principalmente, substituível.

A tecnologia "*dope-free*" começou a ganhar notoriedade e já é uma realidade, disponibilizada por diferentes fabricantes de revestimentos (que incluíram etapas em seus processos produtivos garantindo a qualidade dos produtos ofertados e extinguindo a necessidade do uso de graxas, tanto para armazenamento quanto para descida dos tubos).

Após anos de estudos e realização de testes em campo, Castiñeiras, Sakura e Giacomel (2009, p. 603, tradução nossa) acreditam que "é possível afirmar que a tecnologia *dope-free* possui real possibilidade de se tornar o novo padrão no mercado de óleo e gás, eliminando a necessidade do uso mal controlado, de composição diversa e ambientalmente agressivo das graxas". Demonstrando otimismo em relação à adesão do mercado à opção mais sustentável em substituição à tradicional aplicação de graxas em revestimentos de poços de petróleo, tais autores destacam a existência de solução para a prática comum e ambientalmente negativa.

Estudos específicos relacionados à toxicidade de graxas de descida API *Modified* são predominantemente realizados por fabricantes de tais produtos e seus desempenhos estudados por usuários intermediários (fabricantes de revestimentos) e finais (companhias operadoras de poços). Na literatura disponível, nenhum estudo diretamente ligado à toxicidade aguda das graxas específicas para aplicação em campo (*onshore* e *offshore*) em relação a organismos marinhos-teste encontra-se disponível.

Mesmo onde há outro enfoque, o caso de estudos como o de Böck (2007), onde se previa inicialmente a análise de óleos e graxas, o cronograma de coleta de amostras não foi cumprido e os resultados deixaram de ser conhecidos.

Buss, Baptista e Nessimian (2003, p. 466) defendem que “a habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, buscando categorizar a influência das ações humanas sobre os sistemas biológicos”.

Quando direcionada exclusivamente ao ambiente marinho, a denominada ecotoxicologia aquática é considerada um meio importante de obtenção de informações acerca das substâncias cujo contato com organismos foi ou pode vir a ser identificado.

Buss, Oliveira e Baptista (2008, p. 339) registram que “a percepção de que informações sobre organismos aquáticos podem ser usadas como indicadores da condição da água teve reflexo na legislação brasileira no que diz respeito ao estabelecimento de diretrizes para a avaliação e a conservação dos ecossistemas aquáticos. ”

> Um teste de toxicidade aquática é um procedimento no qual as respostas dos organismos aquáticos são usadas para detectar e medir os efeitos de uma ou mais substâncias, resíduos, ou fatores ambientais, sozinhos ou em combinação, durante um determinado tempo. Com estas respostas, pode-se estimar, através de métodos estatísticos, a concentração dessas substâncias, que certamente poderão causar toxicidade aos organismos representantes dos corpos receptores. (CÉSAR; SILVA; SANTOS, 1997, p. 08).

A análise de toxicidade aguda é utilizada para diversas finalidades, como avaliação de alimentos (PIRES et al. 2004), plantas (ZANETTI et al., 2003), inseticidas (MORAES, BAUTISTA e VIANA, 2000) e herbicidas (BOTELHO et al, 2009).

Silva, Pompêo e Paiva (2015, p. 349) esclarecem resumidamente que os testes de ecotoxicidade aguda “avaliam, em geral, efeitos severos e rápidos que ocorrem em um curto espaço de tempo nos organismos testados, avaliando a mortalidade e imobilidade destes, ou seja, obtêm-se com esta análise uma resposta imediata do organismo em relação ao composto/amostra ao qual foi exposto”.

Valadares (2006, p. 93) explica que, entre outras aplicações, “testes que avaliam a toxicidade sistêmica aguda são utilizados para classificar e apropriadamente rotular substâncias de acordo com o seu potencial de letalidade ou toxicidade como estabelecido pela legislação. ”

Rodrigues, Silva e da Silva (2009, p. 936) indicam a aplicabilidade dos bioensaios e, especialmente quando afirmam que “os testes de toxicidade aguda são empregados para estimar a toxicidade a partir dos níveis de letalidade ou efeito sobre a capacidade de mobilidade dos organismos, em geral em curtos intervalos de tempo (24 h ou 48 h) de exposição (dependendo do ciclo de vida do

organismo) ”.

Quanto aos ensaios ecotoxicológicos agudos, Bárbara et al. (2019, pág. 134) reforça a capacidade destes em “identificar a concentração letal mediana (CL50), definida como a concentração nominal da amostra que causa efeito na sobrevivência de 50% dos organismos no tempo de exposição”.

Ferreira (2003, p. 17) detalha que, diferentemente daqueles do tipo crônico (mais custosos e demorados), “testes de toxicidade aguda podem durar horas ou dias, geralmente 96 horas em organismos aquáticos e [...] têm por objetivo determinar a Concentração Letal Média (CL5 0), isto é, aquela em que metade dos indivíduos morre depois de determinado tempo de exposição ao agente tóxico. ”

Organismo-teste selecionado para o bioensaio relacionado às graxas, a *Artemia* é utilizada há décadas, conforme registraram Siqueira et al. (1998, p. 557) ao exemplificarem a disponibilidade da mesma nos mares e ao afirmarem que se trata de “um microcrustáceo de água salgada que é utilizado como alimento vivo para peixes, sendo seus ovos facilmente encontrados em lojas de aquaristas. ”

Sobre a capacidade de sobrevivência da *Artemia*, Varó et al. (2015, p. 208) destaca que “a aptidão ecológica pode desempenhar um papel central, mas outros fatores bióticos e abióticos subjacentes podem contribuir. ” Bergami (2016, p. 19) acrescenta que, “nas espécies marinhas modelo, os microcrustáceos são altamente recomendados em estudos ecotoxicológicos. ”

> Um grande número de características que transformam esse organismo em uma espécie adequada para uso em Ecotoxicologia também pode ser apontado, incluindo uma ampla distribuição geográfica, cultura e manutenção laboratorial relativamente simples, resistência à manipulação, ciclo de vida curto e grande produção de filhotes e a existência de uma quantidade considerável de informações sobre algumas espécies. (NUNES et al., 2006 p. 454).

Inúmeras informações podem ser obtidas a partir de testes de toxicidade, assim como de Souza, Chaves e Muniz (2010, p. 02) destacam ao salientarem que, “uma informação que é de interesse prático em experimentos de dose-resposta, é a medida de Susceptibilidade ou Tolerância de uma unidade experimental ao tratamento a que ela foi submetida. ”

Guaralde (2016, p. 45) destaca que “os estudos ecotoxicológicos demandam de testes para que sejam feitas avaliações quantitativas e qualitativas da capacidade lesiva das diversas substâncias de origem antrópica ou natural que porventura existam junto aos corpos d’água. ”

Guimarães Júnior (2016, p. 24) explica que “testes de toxicidade são realizados com o intuito de estabelecer resultados da influência das toxinas sobre os seres ligados, direta ou indiretamente, ao local onde agentes tóxicos são liberados. ”

A pesquisa teve início com a revisão bibliográfica que culminou na publicação do artigo científico: A utilização de graxas em revestimentos durante a construção de poços de petróleo: Análise de fichas de informações de segurança de produtos químicos. Neste estudo, foi possível constatar a ausência de detalhamento acerca da toxicidade e nocividade dos compostos lubrificantes e anticorrosivos para armazenamento de conexões (Kendex OCTG e Jet Lube® Korr-Guard™) e descida (Lubrax Lith PM1 e Bestolife 72733) comumente utilizados em operações *onshore* e *offshore*.

Os bioensaios envolvendo os organismos-teste *Artemia franciscana* (avaliação da toxicidade aguda) e minhocas *Eisenia andrei (teste de fuga)*, mediante exposição destes à graxa API *Modified* Jet Lube® Korr-Guard™) e também graxa de estocagem Kendex OCTG foram conduzidos no Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) – IFFluminense Campus Cabo Frio/RJ.

ARTIGO CIENTÍFICO 1

Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego
Essentia Editora IFFLUMINENSE
Artigo de Revisão
e-ISSN 2177-4560
DOI: 10.19180/2177-4560.v14n12020p62-80
Submetido em: 19 fev.2020
Aceito em: 09 mar.2020
Publicado em: 16 abr.2020

A UTILIZAÇÃO DE GRAXAS EM REVESTIMENTOS DURANTE A CONSTRUÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: ANÁLISE DE FICHAS DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS

THE USE OF THREAD COMPOUNDS IN CASING AND TUBING DURING OIL WELL CONSTRUCTION (RUNNING OPERATION): ANALYSIS OF MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Samantha Souza de Almeida - IFFluminense/PPEA
Manildo Marcião de Oliveira - IFFluminense/PPEA
Arthur Neves Fraga Serejo – UCAM

RESUMO

A poluição oceânica vem ganhando cada vez mais notoriedade, tamanha a frequente constatação de que muitas espécies aquáticas e regiões (até então preservadas) têm sido afetadas direta ou indiretamente por ações individuais e corporativas. Diante da lacuna existente nos registros relacionados à utilização de graxas em revestimentos instalados em poços de petróleo (tanto *onshore* quanto offshore), considerando as premissas da ecotoxicologia, este estudo destaca a fragilidade na divulgação dos parâmetros ambientais relacionados a algumas das graxas de estocagem (Kendex OCTG e Jet Lube® Korr-Guard™)) e descida (Lubrax Lith PM1 e Bestolife 72733) mais utilizadas no Brasil. Considerando a existência de opções que dispensam a utilização de tais produtos químicos

durante todo o ciclo de vida dos produtos (tecnologia "*dope-free*"), o aprofundamento de estudos afins (especialmente testes de toxicidade), bem como a adoção de medidas com menor potencial poluidor nas atividades de construção de poços, são sugeridos.

Palavras chave: Poluição. Ecotoxicologia. Graxa. Petróleo. Dope-Free.

ABSTRACT

Ocean pollution is gaining more and more notoriety, such as the frequent finding that many aquatic species and regions (until then preserved) have been directly or indirectly affected by individual and corporate actions. Given the gap in the records related to the use of thread compound in casing and tubing installed in oil wells (both onshore and offshore) and considering the premises of ecotoxicology, this study highlights the fragility in the disclosure of environmental parameters related to some storage thread compounds (Kendex OCTG and Jet Lube Korr-Guard) and running (Lubrax Lith PM1 and Bestolife 72733) most used in Brazil. Considering the existence of options that do not require the use of such chemicals throughout the product life cycle ("dope-free" technology), the deepening of related studies (especially toxicity tests), as well as the adoption of measures with less polluting potential in well construction activities are suggested.

Keywords: *Pollution. Ecotoxicology. Thread compound. Petroleum. Dope-Free.*

1. INTRODUÇÃO

Para que o petróleo (matéria-prima para a produção de derivados largamente utilizados) seja recuperado, inúmeras e complexas atividades são sequencialmente executadas em instalações marítimas (*offshore*) e terrestres (*onshore*). (HEBERLE; MONTEIRO, 2016).

Desmembradas em etapas que precedem à sísmica e seguem após os testes de produção, tais atividades constituem operações envolvendo centenas de empresas prestadoras de serviços. Embora com diferentes missões, as organizações compartilham uma meta que, resumidamente, pode ser descrita como: realizar todas as atividades com base nas premissas de saúde e segurança (dos ativos, pessoas e ambiente), focando na otimização dos recursos e na qualidade (responsável pela confiabilidade destes complexos projetos embasados por estudos de engenharia e gestão).

Projetos de perfuração de poços são elaborados de forma a buscar o planejamento de um cenário onde haja estabilidade estrutural. Realizadas as perfurações previstas, tubos de aço (comumente chamados de revestimentos) são conectados em série, de forma a compor uma coluna, que será posicionada na zona de interesse.

O comprimento de uma coluna de revestimento é determinado em função de variáveis que vão desde a profundidade ideal para sua instalação (calculada a partir da análise de uma curva de geopressões) até a viabilidade econômica de execução do projeto. Tais colunas serão expostas a esforços como pressões internas, externas, dobramentos, fadigas, trações e compressões, e deverão manter-se íntegras durante toda a vida do poço. (MATOS, 2017). Por assumirem caráter permanente, isto é, não serem recuperadas após a instalação (ao contrário de algumas colunas temporárias e reutilizáveis como as compostas por *drill pipes*), a criticidade das operações de descida de revestimentos torna-se ainda mais evidente.

Tais operações seriam mais confiáveis e eficientes se fossem realizadas a partir do manuseio de um único revestimento (tubo), com comprimento suficiente para alcançar a profundidade desejada (seja ela qual fosse) sem a necessidade de conexões (potenciais pontos de falha). Como, evidentemente, a fabricação de um produto com tais características é impossível, *make ups* (apertos) entre as conexões são inevitáveis. (PAZ, 2013).

A construção dos poços é feita por fases, gradativamente, partindo de revestimentos de maiores diâmetros externos (classificados como condutores), passando pelos intermediários (superfície), *liners*, *tubing* de produção, entre outros. (ROCHA, 2009 apud PEREIRA JÚNIOR; MACHADO, 2016).

A quantidade de revestimentos utilizados no ambiente *offshore* (de diferentes especificações como diâmetros, espessuras, graus e conexões), a depender do projeto do poço, ultrapassa frequentemente quinhentos tubos (considerando uma das configurações de projeto mais utilizadas no Brasil) (CHIPINDU, 2010).

Mesmo desconsiderando as diversas manobras envolvidas nas atividades de perfuração e completação de poços, que abrangem descidas de ferramentas, posicionamento de colunas e tantas outras existentes, pode-se afirmar que é vasta a utilização de diferentes tipos de graxa nas rotinas operacionais.

A maior parte das informações detalhadas relacionadas a atividades envolvendo a exploração de petróleo possui caráter confidencial. Todavia, é possível encontrar na literatura, descrições sobre os

fluxos operacionais adotados capazes de proporcionar entendimento sobre os processos (BUCHEB, 2005).

Evidências sobre a importância dos revestimentos na construção poços e, consequentemente, na oferta de matéria-prima para a produção dos derivados do petróleo são registradas por diferentes autores.

Schaffel (2002, p. 11) menciona que "o revestimento também possui as funções de prevenir o desmoronamento do poço e evitar a contaminação de lençóis freáticos", atuando como "principal componente estrutural do poço".

A discussão em torno dos revestimentos (*casing* e *tubing*) que serão utilizados nos poços tem início muito antes da instalação dos mesmos. Há campos petrolíferos onde as características geológicas previamente conhecidas requerem o desenvolvimento de produtos específicos.

Diferentes normas determinam testes necessários para qualificação dos produtos e, consequentemente, disponibilização dos mesmos para utilização por parte da indústria.

Clientes e representantes comercias das companhias fabricantes firmam contratos de fornecimento dos materiais e o planejamento das operações tem início.

No Brasil, o transporte é realizado majoritariamente por modal rodoviário, por carretas. No caso da utilização *offshore*, tais produtos são também transportados por navios, conhecidos como rebocadores.

A possibilidade de ocorrência de um vazamento de óleo ou explosão de uma plataforma são, certamente, desastres imagináveis e temidos por estudiosos e população em geral. Entretanto, as silenciosas e recorrentes práticas que atentam contra os organismos aquáticos e saúde do meio marinho parecem cada vez mais invisíveis.

Enquanto autoridades responsáveis pela fiscalização de empresas que atuam na indústria de petróleo buscam garantir o cumprimento da legislação vigente, muito do cotidiano das operações do setor ainda precisa ser mapeado e monitorado sob a ótica da preservação ambiental (sobretudo, considerando as contribuições que as inovações tecnológicas podem materializar).

A exposição dos trabalhadores e, consequentemente, familiares e pessoas próximas à contaminação indireta também deve ser considerada. (KHAN, 2011). Desta forma, este artigo procura evidenciar a existência de soluções menos agressivas ao meio ambiente e compara o "*modus operandi*"

com a tecnologia já utilizada por diferentes operadoras. Países em todo o mundo já utilizam conexões que não requerem aplicação de graxa (nem para garantir a integridade das conexões durante a estocagem e nem mesmo durante as operações).

Desta forma, este artigo pretende comparar Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQs) de graxas utilizadas em revestimentos instalados em poços de petróleo, destacar a ausência de estudos e informações detalhadas sobre o tema, apontar a existência de opção menos poluente, que elimina a necessidade de aplicação de graxas nos tubos e apontar a ciência ecotoxicologia como meio de investigação dos efeitos de substâncias aos animais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Graxas

A grande maioria dos revestimentos utilizados em operações brasileiras é do tipo *standard*, isto é, requer a aplicação de graxas, tanto para garantia da preservação das conexões durante o período de armazenamento quanto durante a instalação em campo. (GALLE, BAETS; VAN WITTENBERGHE, 2011).

Os compostos químicos disponíveis no mercado possuem diferentes finalidades, com propriedades destinadas a fins específicos que vão desde a proteção contra corrosão e lubrificação, até a estabilização dos valores de torque aplicados durante os *make ups*. Para longos períodos de estocagem, substituições de graxas são realizadas periodicamente. (SANTI E GALLO, 2008).

Após serem recebidos nas plataformas, tais revestimentos têm seus protetores de rosca retirados, suas conexões lavadas e nova graxa aplicada (substituição da chamada graxa de armazenagem pela graxa de descida – "*running*"). Processo este, que se estende também às centenas de tubos que são utilizados de forma temporária ao longo da construção, completação e exploração de um poço.

A quantidade de resíduos gerados pelas lavagens e uso excessivo de água e produtos como sabões e solventes é inegável. Ocorre ainda que graxas excedentes (após os apertos) entram em contato direto com o mar, à medida em que a coluna vai sendo descida (o que não é considerado alarmante em

função do volume de água inerente ao meio e à quantidade excedente ser pequena).

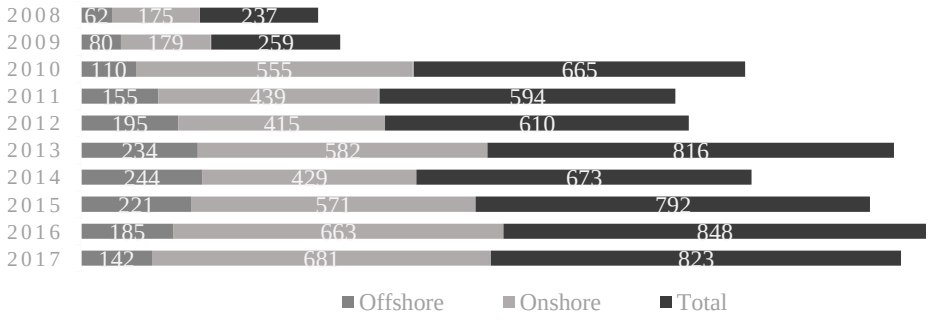
Outro ponto importante diz respeito ao descarte das embalagens das graxas, que precisa ser adequado para que contaminações em locais distantes daqueles onde estas são utilizadas sejam evitadas. Mais um resíduo evitável, cuja destinação final não é fiscalizada incisivamente (como ocorre com tantos outros produtos, nas mais distintas áreas). E ainda que seja, vale repensar o modelo que contamina para posteriormente tentar tratar e descartar. (CASTIÑEIRAS; GORETA; e MERLIAHMAD, 2013). O refinamento da percepção dispensada ao tratamento destinado aos ônus da atividade petrolífera tem sido registrado. Iniciativas que vão desde estudos à busca por soluções práticas contribuem efetivamente para o aprimoramento das soluções.

> Qualquer tentativa de conhecer o resultado advindo da geração de resíduos a bordo, de sua disposição em terra e do descarte de rejeitos no mar é de fundamental importância para buscar a minimização de impactos e assim descobrir a melhor forma de proteger a saúde do meio ambiente, fator essencial para que os geradores preservem suas responsabilidades legal e financeira. (ARARUNA JÚNIOR; BURLINI, 2013 apud CAMPOS *et al.,* 2016, p. 135).

Desenvolvidas para contribuírem efetivamente com o processo de conservação e vedação, tais graxas são compostas por diversas substâncias, materiais e aditivos (como óleos, ácidos, chumbo, cobre, zinco e outros metais pesados). (AMERICAN REFINING GROUP, 2015; PETROBRAS, 2015; BESTOLIFE CORPORATION, 2018; JET LUBE® KORR-GUARD™, LLC, 2019).

Nos últimos dez anos, 6.317 poços foram perfurados no Brasil, segundo dados da Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2018). A quantidade de graxa aplicada em cada tubo depende do diâmetro externo do mesmo, do tipo de conexão, da quantidade de extremidades que recebem o produto (pino e/ou caixa), disponibilidade dos compostos e diversos outros fatores.

Figura 1: Poços perfurados no Brasil



Fonte: Adaptado do Anuário Estatístico (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2018).

Vale ressaltar que há tempos se sabe sobre os malefícios de tais produtos para o ambiente marinho. Metcalf & Eddy Inc. (1991 apud KICH e BÖCKEL, 2017, p. 62) destacam que "óleos e graxas, em seu processo de decomposição, reduzem o oxigênio dissolvido [...] causando alterações negativas no ecossistema aquático. "

> A rápida industrialização aumentou a demanda pelos produtos relacionados ao petróleo. Sabe-se que o transporte de petróleo bruto e seus derivados industriais por via marítima, o uso de combustíveis e lubrificantes em atividades marítimas e as descargas oleosas terrestres causam poluição de óleo no ambiente marinho, onde derramamentos de óleo de caminhões e descargas ilegais têm chamado a atenção do público em todo o mundo. (FADZIL *et al*, 2017, p. 30).

Além do exposto, dada a quantidade expressiva de perfurações já realizadas, toneladas de graxas já foram utilizadas, litros e mais litros de resíduos gerados durante as lavagens das conexões, outros inúmeros produtos químicos utilizados para dispersão e tratamento da água oleosa gerada, até que (no cenário menos pior, onde a legislação é estritamente respeitada) haja o descarte tido como apropriado pela legislação vigente, que inclui as Resoluções Nº 357 e Nº 393 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

Eljaiek-Urzola et al. (2019, p. 02) ressaltam a existência de obras que registram "a presença de alto teor de óleo e graxa nas águas superficiais e sua toxicidade para os organismos aquáticos, vida, especialmente em águas marinhas".

A presença de substâncias derivadas do petróleo no ambiente aquático prejudica a luminosidade do meio, capacidade respiratória e de orientação dos animais. Em grande escala, todo um ecossistema pode ser negativamente afetado. (NOWAK; KUCHARSKA e KAMINSKI, 2019).

Fernandes (2013, p. 63) evidencia ocorrências ambientais negativas relacionadas a diferentes empresas instaladas no Brasil. Dentre estas, destaca-se um inquérito aberto pela Polícia Federal que registra o lançamento de "toneladas de resíduos tóxicos sem tratamento, resultantes da extração de petróleo nas plataformas marítimas" incluindo a chamada "água tóxica, também conhecida como água negra, uma mistura de água do mar com óleo, graxa e inúmeras substâncias tóxicas".

Para Cordes et al. (2016, p. 05) "é fundamental que todos os impactos potenciais das operações de rotina sejam contabilizados ao projetar estratégias de gerenciamento, sejam locais ou regionais, para atividades offshore de petróleo e gás. "

A legislação vigente estabelece parâmetros, visando a preservação do meio ambiente. O

controle do teor de óleos e graxas, por exemplo, é uma das inúmeras determinações do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Entretanto, atividades como a utilização de graxas para torqueamento de conexões passa despercebida em meio a tantas outras mais evidentes (como a destinação de fluidos sintéticos e subprodutos da cimentação de poços).

2.2. Tecnologias que dispensam o uso de graxas

A utilização de conexões com tecnologias que dispensam a aplicação de graxas, de qualquer tipo, já é uma realidade em diversos países. Tais produtos recebem um recobrimento seco durante o processo produtivo, que permite que as graxas sejam vistas não só como dispensáveis, mas como maléficas ambiental e operacionalmente.

Os ganhos ambientais vão desde a fabricação e estocagem (onde são previstas inspeções periódicas que demandam a retirada e nova aplicação de graxa nos produtos) até a instalação dos mesmos no poço.

No Brasil, a adesão a essa evolução carece de estímulos e esclarecimentos. A relação entre eficiência, custo e meio ambiente precisa ser estudada e divulgada, de forma que as empresas consumidoras dos produtos em questão compreendam a dimensão do impacto de suas escolhas (muitas vezes automáticas e retrógradas).

Diversos são os benefícios obtidos por meio da utilização de revestimentos "*dope-free*", isto é, capazes de desempenhar com qualidade e segurança o propósito de sua fabricação sem a necessidade de aplicação de graxas.

Funes *et al*. (2013) destacam que são conexões "*ready to run*" (prontas para uso).

É fato que a disponibilidade de produtos fabricados com tecnologia que dispense o cliente da tarefa de arcar com os custos da compra, transporte e solicitação da aplicação de graxa nas conexões não absorve, atualmente, a demanda por revestimentos. Como grande parte da oferta é regulada pela procura e expandida a partir de estímulos dos consumidores, certamente, enquanto os clientes (poderosas empresas da área de petróleo) não demandarem pela extensão da solução (à geração de resíduos, contaminação, poluição, retrabalho e perdas de tempo operacionais envolvidos na costumeira utilização de graxas em revestimentos de poços) a todos os diâmetros de tubos, a indústria não se mobilizará na velocidade que o ambiente requer.

O real impacto ambiental inerente à larga utilização de graxas durante as descidas de revestimento é desconhecido, especialmente quando a reação de organismos marinhos específicos ao potencial letal dos produtos mais utilizados é questionada.

Estudos ecotoxicológicos são formas de obtenção de informações relevantes a respeito do comportamento dos seres vivos, diante do contato destes com substâncias exógenas. (COSTA *et al*., 2008; ARTAL *et al*., 2019). Portanto, a aplicação de métodos de avaliação baseados nas metodologias em questão é extremamente benéfica para o mapeamento das interações entre as espécies aquáticas.

2.3. Ecotoxicologia de óleo

O crescimento populacional e industrial das últimas décadas, entre outros fatores, aliado aos constantes avanços tecnológicos apresentados, motivaram diversos autores quanto ao direcionado de suas pesquisas à ecotoxicologia.

> Ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio no qual os organismos vivem num contexto integrado. (TRUHAUT, 1977).

Tanto os métodos quanto a abrangência da aplicação de bioensaios específicos têm evoluído ao longo da história e muito contribuem para a avaliação de ambientes, possibilitando interpretações baseadas em dados reais e probabilísticos de diferentes tipos de organismos-teste.

Assim como ocorre em outros segmentos da indústria, a questão ambiental é frequentemente conduzida por grandes companhias petrolíferas sob a ótica do atendimento aos requisitos legais aplicáveis. Desta forma, não raras vezes, as iniciativas de preservação e de reparação dos danos acabam delimitadas pela lógica do fazer o mínimo exigido, de forma que as devidas licenças, autorizações e concessões não sejam ameaçadas.

Estudos destinados a abordar a importância da ecotoxicologia na compreensão e preservação ambiental são cada vez mais constantes e necessários. Demonstrações acerca da viabilidade, vantagens e limitações dos testes ecotoxicológicos durante atividades de biomonitoramento de sistemas aquáticos, efeitos da poluição no meio aquático e diferentes tipos de testes de toxidade, relações dose-efeito/dose-resposta são alguns dos aspectos destacados. (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008).

A utilização da ciência como ferramenta de preservação, remediação e, sobretudo, prevenção é

imprescindível para o desenvolvimento e sustentabilidade da sociedade, mostrando-se cada vez mais abrangente, como no estudo que avaliou a toxicidade da água de lavagem do óleo tipo biodiesel. (GUIRRA, 2016).

Duan et al. (2018, p. 110) destacam que "o sucesso reprodutivo é crucial para a sobrevivência das espécies" ao estudarem sobre a contaminação e toxicidade causadas pela poluição e constatarem como substâncias oleosas podem afetar o desenvolvimento de animais aquáticos.

Estudos relacionados aos efeitos da contaminação proveniente de atividades da indústria petrolífera são historicamente reativos, sendo realizados após eventos indesejáveis como incidentes e acidentes graves. (NEGRI, 2016). Após derramamento de óleo em área estuarina brasileira, Katsumiti et al. (2009, p. 209) apontam a importância de estudos e mapeamento das populações sujeitas aos efeitos nocivos da contaminação e alertam que, "sempre que possível, avaliações anteriores devem ser consideradas para uma análise adequada da sensibilidade dos biomarcadores, especialmente em bioindicadores móveis, como peixes. "

No que diz respeito ao impacto ambiental proveniente da indústria do petróleo e aos ensaios utilizados para realização de análises específicas, Sunderam *et al.* (2004, p. 873) esclarecem que "testes de ecotoxicidade são usados para avaliar o potencial de produtos químicos, efluentes, derramamentos e descargas ilegais para causar danos ambientais".

O uso dos conhecimentos de ecotoxicologia torna-se cada vez apropriado e primordial à realidade nacional, onde a ocorrência de tragédias ambientais sem precedentes e impactantes estão sendo experimentadas. Quando estas ocorrem no meio marinho, a execução de um plano de contingência torna-se ainda mais crítico e dispendioso.

A utilização de bioensaios vem sendo difundida há algumas décadas. (WARD; PARRISH, 1982; CAPUZZO; MOORE; WIDDOWS, 1988 apud PHAN; GOMES; PASSOS, 1994). Em extensa pesquisa acerca do uso de estudos diversos na avaliação de toxicidade, Rubinger (2009, p. 59) ressalta que "os métodos de ensaios biológicos são procedimentos de ação preventiva e indispensáveis na estimativa de impactos ambientais".

Aslan et al. (2019, p. 46) apontam para "as possibilidades abertas para o estudo da toxicidade de outros resíduos offshore" e afirmam que "as avaliações de toxicidade podem promover o uso de produtos e componentes aditivos ambientalmente corretos, substituindo aqueles que provaram ser prejudiciais à biota marinha".

> A importância de pesquisas ecotoxicológicas com substâncias de petróleo [...] está ligada diretamente aos compostos altamente tóxicos (hidrocarbonetos, tolueno, xileno, ésteres, entre outros) que formam o petróleo. Estes compostos podem causar prejuízos na produção pesqueira de espécies economicamente importantes. (BRENDOLAN; GOMES, 2003, p. 02).

Em recente pesquisa, Santos et al. (2019), após a constatação da escassez de testes de toxicidade com espécies de ocorrência no Brasil, destacaram que "mais estudos precisam ser realizados para avaliar a toxicidade de diferentes substâncias para os organismos marinhos e estuarinos representativos dos ecossistemas tropicais. "

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

Obras relacionadas ao uso dos estudos de ecotoxicologia aquática foram analisadas a partir de bases de dados como Scopus, Scielo e Google (publicações a partir da década de 90), especialmente no que se refere à utilização de produtos químicos na indústria do petróleo (foco em graxas para revestimentos).

Publicações relacionadas à existência de tecnologias que substituem a obrigatoriedade de aplicação de graxas em revestimentos também foram verificadas.

3.2. Método

A revisão bibliográfica foi complementada com a análise das seguintes versões das Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQs) de quatro diferentes tipos de graxas: Graxas de armazenagem Kendex OCGT (03/08/2015 – 0) e Jet Lube® Korr-Guard™ (1505417 - 20/02/2019) e graxas de descida Lubrax Lith PM1 (BR0006 – 16/04/2015 – 01P) e Bestolife 72733 (10/11/2018 – 16.2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

> Os compostos com chumbo, normalmente usados para aperto de conexões, foram identificados como um perigo para a saúde e o meio ambiente se não forem manuseados adequadamente. Além disso, as trocas necessárias de graxas (para armazenamento, apertos, inspeção de roscas [...] e sua extrusão durante o make up geram resíduos prejudiciais que podem levar a altos custos para realização do descarte adequado. (RIGNOL et al., 2005).

As tabelas abaixo evidenciam como diferentes empresas classificam as graxas de armazenagem e *running* (descida) que produzem, especialmente no que se refere à toxicidade. As graxas listadas são largamente utilizadas no Brasil por companhias como Petrobras, Shell, Eneva e Equinor.

Quadro 1: Análise dos aspectos ambientais divulgados por fabricantes, nas FISPQs das graxas de armazenagem

ASPECTOS ANALISADOS	KENDEX OCGT	JET LUBE® KORR-GUARD™
1. Nome da empresa fabricante/fornecedor	American Refining Group, Inc.	Jet-Lube, LLC.
2. Principais usos recomendados	Inibidor de corrosão.	Exclusivamente para utilização industrial.
3. Informação toxicológica	Carcinogenicidade: Nenhum dado disponível para indicar que o produto ou qualquer componente presente em mais de 1% é cancerígeno. Toxidade Reprodutiva: Nenhum dado disponível para indicar que o produto ou qualquer componente presente em mais de 1% pode causar toxicidade reprodutiva.	Carcinogenicidade: Não existe informação disponível. Toxidade Reprodutiva: Não existe informação disponível.
4. Solubilidade	Em água: não.	Em água: insolúvel. Demais: sem dados indisponíveis.
5. Toxidade aguda	LD 50/LC 50: dados indisponíveis.	Desconhecida. Não existe informação disponível. LD 50 Oral = 2280 mg/kg (Rat).
6. Toxicidade reprodutiva	Nenhum dado disponível para indicar que o produto ou qualquer componente presente em mais de 1% causa toxicidade reprodutiva.	Não existe informação disponível.

7. Ecotoxicidade	Informação indisponível.	O impacto ambiental deste produto não foi cabalmente investigado.
8. Persistência e degradabilidade do produto	Indeterminadas.	Não existe informação disponível.
9. Outros efeitos adversos	Indeterminados.	Não existe informação disponível.

Fonte: Adaptado de FISPQs (AMERICAN REFINING GROUP, 2015; JET LUBE® KORR-GUARD™) LLC, 2019).

Quadro 2: Análise dos aspectos ambientais divulgados por fabricantes, nas FISPQs das graxas de descida

ASPECTOS ANALISADOS	LUBRAX LITH PM1	BESTOLIFE 72733
1. Nome da empresa fabricante	Petrobras Distribuidora S.A.	Bestolife Corporation
2. Principais usos recomendados	Graxa à base de sabão de lítio, contendo pós metálicos (chumbo, zinco e cobre) e grafite, para serviços com exigências severas de vedação. Disponível no grau NLGI 1.	Uso industrial. Composto de Rosca (Graxa de Tubo) e "Jacking grease" para uso em indústrias estrangeiras. Mineração (sem indústrias *offshore*).
3. Classificação de perigo do produto	Toxicidade aguda – Oral: Categoria 4. Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição repetida: (Categoria 2) Toxicidade reprodutiva: Categoria 2. Carcinogenicidade: Categoria 2. Perigoso ao ambiente aquático: Agudo – Categoria 1.	Toxicidade aguda: Não classificado com base nas informações disponíveis. Componentes classificados com base em diferentes parâmetros. * Toxicidade para órgãos-alvo específicos - exposição repetida: Categoria 1 (Rim, Sistema Nervoso Central, Sangue). Toxicidade à reprodução: Categoria 1. Carcinogenicidade: Categoria 2.
4. Outros perigos que não resultam em uma classificação	Tóxico aos organismos aquáticos.	Perigoso ao meio ambiente
5. Algumas Frases de perigo	Muito tóxico para os organismos aquáticos, com efeitos prolongados.	H351 susceptível a provocar câncer. H360FD pode prejudicar a fertilidade. Pode prejudicar o feto. H362 pode ser nocivo para lactantes. H372 provoca danos em órgãos (Rim, Sistema nervoso).

6. Natureza química	Graxa lubrificante, produto químico constituído de uma mistura de óleos minerais de petróleo, espessante à base de bentonita e aditivos.	
7. Solubilidade	Imiscível em água. Miscível em solventes de hidrocarbonetos.	Desprezível.
8. Toxidade aguda	LD 50: 5000 mg/Kg. Só se espera algum efeito acima de 5000mg/Kg.	Não classificado com base nas informações disponíveis.*
9. Toxicidade à reprodução	Não disponível.	Pode prejudicar a fertilidade. Pode prejudicar o feto. Pode ser prejudicial para os bebês.
10. Toxicidade para órgãos-alvo específicos – exposição única	Não disponível.	Não classificado com base nas informações disponíveis.*
11. Ecotoxicidade	Causa efeitos sobre organismos aquáticos, porem devido a sua baixa densidade o produto permanece na superfície facilitando seu recolhimento. Pode transmitir características indesejáveis à água, prejudicando sua utilização.	Informações disponíveis por componente, não por produto.
12. Persistência e degradabilidade do produto	Baixa biodegradabilidade.	Difícil ou rapidamente biodegradável dependendo do componente.
13. Outros efeitos adversos	Em grandes quantidades pode causar poluição.	Evidência positiva para o componente chumbo.
**Apesar das informações sobre toxicidade aguda divulgadas pelo fabricante, o mesmo documento contém detalhes sobre toxicidade aguda oral, por inalação e dérmica, além de estudos sobre efeitos relacionados à fertilidade e desenvolvimento de fetos, relacionados aos componentes da mesma (nem todos, em alguns casos).*		

Fonte: Adaptado de FISPQs (PETROBRAS, 2015; BESTOLIFE CORPORATION, 2018).

As informações fornecidas pelos fabricantes das graxas comparadas (tanto as utilizadas para períodos de estocagem considerados curtos quanto longos) demonstram a fragilidade do processo de identificação de riscos ambientais, expostas sob a forma de discrepâncias no registro de relatos contidos nas FISPQs (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos). Informações relacionadas à ecotoxicidade não estão disponíveis para ambas as FISPQs, assim como possíveis efeitos adversos.

A possibilidade de tais produtos serem comercializados sem que as informações supracitadas sejam disponibilizadas requer análise e crítica específicas, de forma que se promova equidade entre

direitos e deveres dos fabricantes. A adequada disseminação de informações a clientes, usuários diretos e eventuais contaminados também demanda destaque e posicionamentos dos envolvidos, bem como da sociedade como um todo.

Conforme destacam Mota, Sampaio e Ghisi (2019, p. 49, tradução nossa) "nas sociedades industrializadas modernas, um grande número de produtos químicos gerados recentemente contribuiu para aumentar a poluição dos ecossistemas. "

> A atividade petrolífera é desenvolvida em condições cada vez mais restritivas do ponto de vista ambiental, sendo incessantes os estudos e investimentos em busca da sustentabilidade. Não obstante, o impacto ambiental da atividade é inevitável, haja vista que, notadamente no caso brasileiro, as dificuldades de prospecção e exploração são crescentes. (DIAS; COUTINHO e MARTINS, 2004, p. 02).

Ao analisar atividades inerentes à perfuração de poço, Malouf (2013, p. 07) conclui que "impactos podem ser devastadores no que se refere à segurança de pessoas, do meio ambiente e do patrimônio econômico, não só da empresa como também de comunidades locais".

Acerca da indústria do petróleo, Moni et al. (2011, p. 814) enfatizam que "o atendimento aos requisitos das normas de sistemas de gestão ambiental, não garante, por si só, resultados ambientais ótimos. Para tanto, a organização deve considerar a implantação da melhor tecnologia disponível sempre que apropriado e economicamente viável.

> A indústria de exploração de petróleo é uma das que sofrem enormes quantidades de penalidades por danos causados ao meio ambiente, principalmente nos setores de exploração, transporte e armazenagem. [...] A adoção de atitudes responsáveis na resolução de problemas ambientais para garantir a sobrevivência da fauna e da flora na atualidade, consequentemente das futuras gerações, reflete uma postura proativa e estratégica das organizações. (GALDINO et al., 2004, p. 63).

Dos Santos (2013, p. 34) alerta que "o crescimento das atividades de produção de petróleo deverá estar alinhado com o desenvolvimento e ampliação do mercado nacional voltado ao transporte, tratamento e disposição final de resíduos, de forma a reduzir ao máximo o impacto ambiental causado por estas atividades".

Diante do exposto, as vantagens em se eliminar, ou ao menos reduzir, o uso de produtos potencialmente contaminantes, ficam ainda mais evidentes. Somente o fornecimento de informações contundentes, aliado à fiscalização implacável poderá induzir à crença de que tais produtos não são

(errônea, criminosa ou acidentalmente) lançados nos oceanos.

Mainon (1996 apud Claro, Bonfim e Claro (2001, p. 31) afirma que uma empresa com "comportamento reativo polui, para depois despoluir. Seu objetivo é a maximização de lucros no curto prazo, respondendo à sinalização do mercado de insumos e produtos/serviços e à regulamentação dos órgãos de controle ambiental. A empresa vivencia a contradição entre a responsabilidade ambiental e o lucro".

Portanto, o direcionamento de estudos voltados a setores extremamente poluentes, norteados majoritariamente pela busca por aumento de receita e não pela proporcional preservação do meio explorado, revela-se cada vez mais importante.

5. CONCLUSÃO

A exploração de petróleo em ambiente marinho enquanto atividade econômica pode gerar um passivo ambiental seja por derramamentos acidentais de petróleo ou oriundo das atividades rotineiras desenvolvidas por esta indústria.

Em muitos casos, o desconhecimento da sociedade, seja por ignorar ou por imposição da indústria, acaba por aceitar condutas corretivas (muitas vezes ineficientes) enquanto a prevenção (neste caso sob a forma de redução e até mesmo eliminação de resíduos contaminados) é apresentada como de difícil ou impossível implementação.

A abordagem do estudo proposto visou contribuir com uma reflexão referente ao uso de graxas de revestimento nas regiões onde a indústria do petróleo instala plataformas *onshore* e *offshore*, visto que a contaminação do ambiente marinho afeta os organismos aquáticos do entorno. Desta forma, ressaltamos a necessidade de se conhecer os verdadeiros limites de teores das graxas para que possam ser seguros à vida marinha.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. *Anuário Estatístico 2018*. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018>. Acesso em: 16 ago. 2019

AMERICAN REFINING GROUP. *Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ Kendex OCTG*. 2015. Disponível em: <https://www.amref.com/Media/Files/ind_msds/V10_4421_B09_KENDEX_OCTG_NH.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ARTAL, M. C. *et al*. Toxicity responses for marine invertebrate species of brazilian occurrence. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, v. 14, n. 1, p. 15–25, 2019. Disponível em: <https://ecotoxbrasil.org.br/upload/926b043402630860ec49cab9fe1515c8-002-13889-15-25.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2019.

ASLAN, J. F. et al. Toxicity of drilling fluids in aquatic organisms: a review. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, v. 14, n. 1, p. 35-47, 2019. Disponível em: <https://ecotoxbrasil.org.br/upload/ff2d4aeacee746f2856a376b668a2196-004-13814-35-47.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14725:2014* Produtos químicos — Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Parte 4: Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ). Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=325473#>. Acesso em 07 jan. 2020.

BESTOLIFE CORPORATION. *Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ Bestolife 72733*. 2018. Disponível em: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0801/7593/files/72733_SP_V_16.2.pdf?7076649191211413896>. Acesso em: 11 out. 2019.

BRASIL. *Decreto Federal nº 2.657, de 3 de julho de 1998*. Promulga a Convenção nº 170 da OIT, relativa à Segurança na Utilização de Produtos Químicos no Trabalho, assinada em Genebra, em 25 de junho de 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2657.htm>. Acesso em: 11 nov. 2019.

BRASIL. *Lei n°12.305, de 02 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 05 nov. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2002) Resolução CONAMA nº. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de

água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências: CONAMA, 2005. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF: Imprensa Oficial. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 03 nov. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução CONAMA nº 393, de 08 de agosto de 2007*. Dispõe sobre o descarte contínuo de água de processo ou de produção em plataformas marítimas de petróleo e gás natural, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res07/res39307.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2019.

BRENDOLAN, R. A.; GOMES, A. S. Uso do Psamobentos em estudos de ecotoxicologia marinha no Brasil: Revisão bibliográfica com ênfase em substâncias de petróleo. *In*: 2º CONGRESSO BRASILEIRO P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 2., 2003.

BUCHEB, J. A. O regime jurídico dos dados e informações de exploração e produção de petróleo e gás natural. *Revista de Direito Administrativo*, 239, 149-176. 2005. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rda/article/view/43865>. Acesso em: 28 jan. 2020.

CAMPOS, L. F. *et al*.. Estudo da geração de resíduos nas operações de perfuração e cimentação durante a construção de poços marítimos de petróleo e gás. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 10, n. 1, p. 119, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/312521356_Estudo_da_geracao_de_residuos_nas_operacoes_de_perfuracao_e_cimentacao_durante_a_construcao_de_pocos_maritimos_de_petroleo_e_gas>. Acesso em: 09 out. 2019.

CASTIÑEIRAS, T. H.; GORETTA, E. A.; MERLIAHMAD, M. *Sharing Experiences of the use of "Dope-Free" Connections*. Indonesian Petroleum Association. 2013. Disponível em: <http://archives.datapages.com/data/ipa_pdf/084/084001/pdfs/IPA13-E-145.htm>. Acesso em: 28 out. 2019.

CHIPINDU, N. S. C.. *Pós-análise em problemas de perfuração de poços marítimos de desenvolvimento*. Campinas, São Paulo. 2010. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/263688/1/Chipindu_NjaloSocratesChipongue_M.pdf>. Acesso em: 24 out. 2019.

CLARO, P. B. O.; MAFRA, F. L. N.; CLARO, D. P. Consciência ou Imposição: um estudo sobre os fatores condicionantes do comportamento ambiental de uma organização rural Holandesa. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 08, nº 3, julho/setembro 2001. Disponível em: <http://docplayer.com.br/17155501-Consciencia-ou-imposicao-um-estudo-sobre-os-fatores-condicionantes-do-comportamento-ambiental-de-uma-organizacao-rural-holandesa.html>. Acesso em: 13 fev. 2020.

COSTA, C. R. *et al*. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. *Química Nova*, v. 31. n.7, São Paulo. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000700038>. Acesso em: 07 out. 2019.

CORDES, E. E. *et al*. Environmental impacts of the deep-water oil and gas industry: a review to guide management strategies. *Frontiers in Environmental Science*, v. 4, p. 58, 2016. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2016.00058/full>. Acesso em: 05 fev. 2020.

DIAS, G. J.; COUTINHO, l. L. G. A.; MARTINS, R. P.. Modelagem tridimensional do lançamento de cascalhos de perfuração de poços de petróleo em águas profundas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS. 2004. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0316_05.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

DUAN, M. *et al*. Parental exposure to heavy fuel oil induces developmental toxicity in offspring of the sea urchin strongylocentrotus intermedius. *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 159, p. 109-119, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651318303671>. Acesso em: 07 fev. 2020.

ELJAIEK-URZOLA, M. *et al*. Oil and Grease as a Water Quality Index Parameter for the Conservation of Marine Biota. *Water*, v. 11, n. 4, p. 856, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/4/856>. Acesso em: 08 fev. 2020

FADZIL, M. F. *et al*. Oil and grease and total petroleum hydrocarbons in the waters of ramsar gazette mangrove area, Johor. *Journal of Sustainability Science and Management*, v. 12, n. 1, p. 30-39, 2017. Disponível em: <http://soe.umt.edu.my/wp-content/uploads/sites/51/2017/06/4-web.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2020

FERNANDES, S. M. Os efeitos do *disclosure* ambiental negativo involuntário: um estudo de evento nas companhias brasileiras com alto índice de poluição. *Revista de Contabilidade e Organizações*, v. 7, n. 17, p. 56-68, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rco/article/view/56668/pdf_6pt>. Acesso em: 22 dez. 2019

FUNES, A. *et al*. Dope-Free Tubulars in Petroleum Well Completions. In:SPE EUROPEAN

FORMATION DAMAGE CONFERENCE & EXHIBITION. Noordwijk, The Netherlands: Society of Petroleum Engineers, 2013. Disponível em: <http://www.onepetro.org/doi/10.2118/165189-MS>. Acesso em: 28 nov. 2019.

GALDINO, C. A. B., *et al*. Passivo ambiental: revisão teórica de custos na indústria do petróleo. *Production*, 2004, 14.1: 54-63. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v14n1/v14n1a06.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2020.

GALLE, T. *et al*. Influence of design features on the structural integrity of threaded pipe connections. *Sustainable Construction and Design*, v. 2, n. 2, p. 237-245. Ghent University, Laboratory Soete. 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/1551/4faa50c04bcef8479785977eb1adfbe2c151.pdf?_ga=2.65373288.750745639.1572397392-478950101.1572397392>. Acesso em: 05 set. 2019.

GUIRRA, L. S. *Avaliação ecotoxicológica e aplicação de processos oxidativos avançados para tratamento da água de lavagem de biodiesel*. 2016. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/22885>. Acesso em: 10 fev. 2020.

HEBERLE, D. S.; MONTEIRO, M. C. Análise de Desempenho das Atividades de Revestimento e Cimentação de Poços Marítimos Através da Implementação de Indicadores da Qualidade: Um Estudo de Múltiplos Casos. *Sustainable Business International Journal*, v. 0, n. 58, 2016. Disponível em: <http://periodicos.uff.br/sbijournal/article/view/10242/7137>. Acesso em: 28 out. 2019.

JET-LUBE, LLC. *Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ Jet-Lube®Korr-Guard™*. 2019. Disponível em: <https://docs.jetlube.com/documents/SDS+-+Central+Repository-/SDS's+REPOSITORY/South+America+(LATAM)/Portuguese/Jet-Lube/Korr-Guard_SDS_SAM_Pt.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

KATSUMITI, A. *et al*. An assessment of acute biomarker responses in the demersal catfish Cathorops spixii after the Vicuña Oil Spill in a harbour estuarine area in Southern Brazil. *Environmental*

monitoring and assessment, v. 152, n. 1-4, p. 209, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-008-0309-3>. Acesso em 10 fev. 2020.

KHAN, F. Take home lead exposure in children of oil field workers. *The Journal of the Oklahoma State Medical Association*, v. 104, n. 6, p. 252-253, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/15f7/47ac94346e6be946e35ff983f2c429e53285.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.

KICH, M.; BÖCKEL, W. J. Análise de óleos e graxas em efluentes por espectrofotometria. *Estação Científica* (UNIFAP), Macapá, v. 7, n. 3, p. 61-69, set./dez. 2017. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/view/3504>. Acesso em: 02 jan. 2020.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v.12, n.3, p.355-381, 2008. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/27395>. Acesso em: 09 set. 2019.

MATOS, J. H. F. *Análise de Riscos para a Ocorrência de Blowouts no Processo de Perfuração de Poços de Petróleo Offshore*. Rio das Ostras. 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/5868/1/Jo%c3%a3o%20Heinrich%20-%20PFC%20-%20Vers%c3%a3o%20Final.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MOTA, T.F.M; SAMPAIO, A.R.; GHISI, N.C. Biomonitoring using comet assay in fish: a scientometric approach. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, v. 14, n. 1, p. 49–52, 2019. Disponível em: <https://ecotoxbrasil.org.br/upload/54988aee05e7ea772a3ef4624c3214d8-005-14042-49-52.pdf>. Acesso em: 24 set. 2019.

NEGRI, A. P. *et al*. Acute ecotoxicology of natural oil and gas condensate to coral reef larvae. *Scientific reports*, v. 6, p. 21153, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep21153/>. Acesso em: 11 fev. 2020.

NOWAK, P.; KUCHARSKA, K.; KAMIŃSKI, M. Ecological and Health Effects of Lubricant Oils Emitted into the Environment. *International journal of environmental research and public health*, v. 16, n. 16, p. 3002, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/16/3002>. Acesso em: 04 fev. 2020.

PAZ, L. J. Ls. *Perfuração com uso de revestimento*. Niterói. 2013. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/966/1/Lucas%20Paz.pdf>. Acesso em: 28 out. 2019.

PEREIRA JÚNIOR, J. R. S.; MACHADO, Letícia Carvalho. Estudo das principais características do revestimento e cimentação de um poço de petróleo. *Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 3, n. 2, p. 67-74, 2016. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/cadernoexatas/article/view/2807/1700>. Acesso em: 05 nov. 2019.

PETROBRAS. *Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ Lubrax Lith PM1*. 2015. Disponível em: <http://br.com.br/wcm/connect/9f9ab460-d4d0-45ef-88f0-8f5e7a797c38/fispq-lub-ind-graxas-lubrax-lith-ep-1-rev01-vs00.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lzvTcSw>. Acesso em: 04 nov. 2019.

PHAN, V. N.; GOMES, V.; PASSOS, M. J.A. C. R. Avaliação prévia da toxicidade de um efluente simulado derivado de petróleo sobre Promysis atlantica (Crustácea, Mysidacea). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 42, n. 1–2, p. 129–141, 1994. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0373-55241994000100010>. Acesso em: 05 nov. 2019.

RIGNOL, J. *et al*.. Worldwide First Run in Hole of a Dope-Free 13Cr Production Tubing String. *In*:SPE ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE AND EXHIBITION. Dallas, Texas: Society of Petroleum Engineers, 2005. Disponível em: <http://www.onepetro.org/doi/10.2118/95507-MS>. Acesso em: 22 nov. 2019.

RUBINGER, C. F. *Seleção de Métodos Biológicos para a Avaliação Toxicológica de Efluentes Industriais*. Belo Horizonte. 2009. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/438M.PDF>. Acesso em: 16 set. 2019.

SANTI, N. J.; GALLO, E. A. Newly Developed Dope-free Coatings Help Improve Running Operations in Remote Protected Areas. *Brazilian Petroleum, Gas and Biofuels Institute*. 2008. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21219445>. Acesso em: 11 set. 2019.

SANTOS, G. B. Gerenciamento de resíduos na indústria de exploração e produção de petróleo: atendimento ao requisito de licenciamento ambiental no Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 2012, 1.2: 23-35. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/1205/999>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SANTOS, J. L.; MONTEIRO, E.S.; GUIMARÃES, Y. Revestimento e Cimentação de Poços de Petróleo. *In:* CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. 2016. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/

TRABALHO_EV052_MD4_SA3_ID306_15062016005649.pdf.>. Acesso em: 02 jun. 2020.

SCHAFFEL, S. B. *A questão ambiental na etapa de perfuração de poços marítimos de óleo e gás no Brasil*. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/schaffelsb.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SUNDERAM, R. M.*et al*. Use of the Up-and-Down Acute Toxicity Test Procedure to Generate LC50 Data for Fish. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 72, n. 5, 2004. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00128-004-0325-0>. Acesso em: 29 out. 2019.

TRUHAUT, R. Ecotoxicology: Principles, Objetives and Perspectives. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. v. 1. p.151-173, 1977.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE GRAXAS KENDEX OCTG E JET LUBE® KORR-GUARD™: UM ESTUDO SOBRE EFEITOS NOS AMBIENTES AQUÁTICO E TERRESTRE

ECOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF KENDEX OCTG AND JET LUBE® KORR-GUARD ™ THREAD COMPOUNDS: A STUDY ON EFFECTS ON AQUATIC AND TERRESTRIAL ENVIRONMENTS

Samantha Souza de Almeida - IFFluminense/PPEA
Bárbara Santos da Silva Oliveira; Jorge - IFFluminense
Jorge Luiz Cerqueira Santos – IFFluminense
Manildo Marcião de Oliveira - IFFluminense/LEMAM/PPEA

RESUMO

Diante da dependência mundial por petróleo e restrições a informações detalhadas, naturalmente impostas pela natureza das atividades que envolvem a exploração e comercialização dos produtos e derivados relacionados, investigações sobre compostos químicos largamente utilizados pela indústria são tanto necessárias quanto relevantes. Visando conhecer eventuais efeitos tóxicos em organismos provenientes de ambientes aquáticos e terrestres (dada a exploração de poço tanto *onshore* quanto *offshore*), este estudo analisou os efeitos das graxas Kendex OCTG e Jet Lube® Korr-Guard™ em *Artemias fransciscanas* e *Eisenia andrei* (minhocas). As normas NBR 16530 - Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Artemia* sp (Crustacea Brachiopoda) e NBR ISO 17512-1 - Qualidade do Solo - Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*) foram utilizadas. As duas graxas não apresentaram efeitos tóxicos agudos em *Artemia franciscana*, enquanto no ensaio de fuga com minhocas apenas a Kendex OCTG apresentou efeito subletal semelhante ao composto de referência, ácido bórico. Enquanto as minhocas testadas Jet Lube® Korr-Guard™ apresentaram comportamento de atração. As abordagens ecotoxicológicas apresentadas mostraram que, em se tratando dos parâmetros toxicidade aguda e subletalidade, não foi demonstrado risco

ecotoxicológio na graxa Jet Lube® Korr-Guard™ enquanto a graxa Kendex OCTG apresentou efeito subletal para organismos terrestres.

Palavras chave: Ecotoxicologia. Artemia. Minhoca.

ABSTRACT

As a result the world dependence on oil and restrictions on detailed information, naturally imposed by the nature of the activities that involve the exploration and commercialization of products and related derivatives, investigations on chemical compounds widely used by the industry are both necessary and relevant. In order to know possible toxic effects on organisms from aquatic and terrestrial environments (exploration of onshore and offshore wells), this study analyzed the effects of Kendex OCTG and Jet Lube® Korr-Guard™ thread compounds on Artemias fransciscanas and Eisenia andrei (earthworms). *Standards NBR 16530 - Aquatic ecotoxicology - Acute toxicity - Test method with Artemia sp (Crustacea Brachiopoda) and NBR ISO 17512-1 - Soil Quality - Leakage test to assess soil quality and effects of chemical substances on behavior Part 1 : Assay with earthworms (Eisenia fetida and Eisenia andrei) were used. The two thread compounds showed no acute toxic effects on Artemia franciscana, while in the earthworm escape test only Kendex OCTG showed a sublethal effect similar to the reference compound, boric acid. While the tested worms Jet Lube® Korr-Guard™ showed attraction behavior. The ecotoxicological approaches presented showed that, regarding the parameters of acute toxicity and sublethality, no ecotoxicological risk was demonstrated in the Jet Lube® Korr-Guard™ dope, while the Kendex OCTG thread compound showed a sublethal effect for terrestrial organisms.*

Keywords: *Ecotoxicology. Artemia. Earthworm.*

1. INTRODUÇÃO

A indústria do petróleo é indiscutivelmente responsável pela geração de diferentes tipos de poluição. Analisando toda cadeia produtiva, incluindo as inúmeras etapas que combinam ações em variados modais, é possível compreender a grandiosidade dos processos e seus desdobramentos, bem

como seus efeitos ao meio ambiente. Uma alta demanda de produtos, materiais e combustíveis são parte dos insumos indispensáveis para manutenção do setor.

Quando se trata especificamente da perfuração de poços de petróleo, o revestimento das paredes da formação é indispensável para segurança e viabilidade das intervenções no reservatório. *Casing* e *tubing* (tubos de revestimento com distintas características e funcionalidades) compõem as colunas (*strings*) previstas nos projetos de construção de poços.

Gouveia (2014, p. 21) disserta sobre a complexidade das operações nesta fase, dada a impossibilidade de atingimento da profundidade alvo com peça única e riscos associados à montagem de colunas por meio de conexões de tubos em um ambiente de risco.

> Ao longo da vida útil do poço, a coluna de revestimento também exerce outras importantes funções para que as operações de perfuração e produção sejam realizadas adequadamente, como manter a estanqueidade do poço, evitando perdas ou invasões indesejáveis de fluidos e, resistir mecanicamente aos diversos esforços existentes na subsuperfície. Mais especificamente, elas devem resistir às ações internas, externas e axiais ao longo do poço. As ações internas são provenientes principalmente dos fluidos de perfuração e dos fluidos produzidos pelo poço. As ações externas decorrem das formações rochosas e dos fluidos no entorno do revestimento. E as ações axiais geralmente estão associadas ao peso próprio da coluna de revestimento, ao peso de outros equipamentos ancorados nela e à presença de elementos de fundação. (GOUVEIA, 2014, p. 21).

Para fins de facilitação do entendimento, tubos de revestimento podem ser compreendidos como elementos tubulares dotados de conexões pino e caixa em suas extremidades, que permitem união entre si por meio da aplicação de torque específico. Koehler (2018, p. 16) retrata detalhes operacionais relevantes, primordiais e usuais, e, portanto, cita aplicação de graxas em conexões (popularmente chamadas de roscas) e suas principais funções.

> Para haver isolamento da formação, o revestimento deve ser totalmente estanque para que não haja migração de fluidos ou sedimentos de dentro do revestimento para a formação e vice-versa. Para que haja estanqueidade, deve-se aplicar a quantidade necessária de graxa nos fios das roscas – salvo casos específicos – e ter um controle sobre o torque aplicado em todas as conexões, respeitando o mínimo e máximo especificado pelo fabricante. (KOEHLER, 2018, p. 16).

Dada a expressiva participação da indústria petrolífera no âmbito mundial, necessidade de uso de revestimentos em todos os tipos de poços e majoritária necessidade de aplicação de graxas tanto para conservação dos aços durante período de estocagem quanto na lubrificação e estabilização de parâmetros durante a utilização destes produtos em campo, a investigação dos potenciais efeitos tóxicos destes produtos (conhecidos como *thread compounds*) tornou-se objeto de estudo.

Aslan, Pinto e de Oliveira (2017, p. 183) destacam a importância da atitude questionadora diante de práticas que envolvam risco ao meio ambiente, ainda que implícitos em processos onde a criticidade é mais evidente.

> A legislação brasileira tem sido pautada na prevenção e na responsabilização de danos ambientais como um todo, por meio da aplicação de multas e reparação do dano. São considerados meios importantes para a inibição e controle da poluição, porém deve haver em paralelo maior alcance e percepção da sociedade sobre os riscos iminentes e consequências de um ambiente marinho poluído. (ASLAN; PINTO; OLIVEIRA, 2017, p. 183).

Coimbra et al. (2013, p. 154) "as contaminações em baixas concentrações (crônicas) não menos preocupantes, podem antecipar a dramática perda de biodiversidade nos ambientes aquáticos"

Testes de toxicidade aguda se destacam pelo protocolo relativamente simples, quando comparados a outros tantos ensaios disponíveis (como testes de inibição de crescimento, toxicidade crônica e inibição de capacidade natatória, por exemplo). Por se tratar de ferramenta normatizada pela ABNT via NBR 16530 - Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Artemia sp (Crustacea Brachiopoda) e largamente utilizada (ainda que não para os produtos submetidos a esta pesquisa, como agrotóxicos e farmacológicos), representa um mecanismo acessível de investigação de interações entre substâncias químicas e organismos aquáticos.

Eventuais efeitos em organismos aquáticos foram avaliados via teste de toxicidade aguda com manipulação de microcrustáceos *Artemias franciscanas*. Minhocas *Eisenia andrei* foram utilizadas no ensaio de fuga realizado em prol do conhecimento de potenciais efeitos terrestres das graxas Kendex OCTG e Jet Lube® Korr-Guard™, embasado pela norma ABNT NBR ISO 17512-1: Qualidade do Solo — Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento - Parte 1: Ensaio com minhocas (Eisenia fetida e Eisenia andrei).

2. REVISÃO DA LITERATURA

A construção de poços de petróleo é abordada, com foco na utilização de graxas e seus malefícios ao meio ambiente. A ecotoxicologia e os bioensaios realizados durante o período de

pesquisa foram referenciados e informações sobre testes de toxicidade aguda e ensaio de fugas registradas de forma a contribuir com a interpretação dos resultados obtidos.

2.1. Construção de Poços de Petróleo

Skalle (2012 apud Pereira, 2016, p. 38) explica como as atividades relacionadas ao revestimento de um poço demandam planejamento, acompanhamento e melhorias contínuas. Para que um poço produza, numerosas ações anteriores precisam transcorrer de forma segura, eficiente e lucrativa.

> A etapa de perfuração é cuidadosamente projetada e é realizada em etapas. Após perfurar uma etapa do poço, é instalado em seu interior um tubo de revestimento, o qual após devidamente posicionado é cimentado no local, isolando o poço da formação. Este isolamento impede que o fluído de perfuração continue exercendo pressão sobre a formação e eventualmente possa fazer com que ela desmorone. Além disso, o isolamento também evita que fluídos da formação possam invadir o poço e eventualmente também venham a provocar um Blowout (SKALLE, 2012 apud PEREIRA, 2016, p. 38).

Vale ressaltar que grandes eventos indesejados e mesmo catastróficos relacionados à indústria ocorreram após desperdício de sequenciais oportunidades de intervenção preventiva. Moreira (2021, p. 04) alerta sobre a facilidade de percepção de ocorrências substancias e ressalta algumas diferentes origens de danos ao meio ambiente por ações rotineiras do setor petrolífero.

> O impacto ambiental negativo mais comumente identificado é o que traz referência ao vazamento de óleo no mar, sendo proveniente destas atividades (exploração, produção, escoamento e transporte de petróleo cru ou previamente processado). Estes vazamentos podem ocorrer devido ao vazamento do óleo diretamente de uma unidade marítima (furo no casco, falha na transferência de óleo de uma embarcação a outra, desenquadramento no teor de óleos e graxas – TOG), ou indiretamente, através de lançamento de substâncias oleosas provenientes de lavagens de tanques de embarcações que transitam e realizam apoio as unidades exploradoras e/ou produtoras, rompimento de dutos ou danos a equipamentos submarinos. (MOREIRA, 2021, p. 04).

As graxas utilizadas pela indústria são compostos químicos que, pela própria natureza, não são naturalmente esperados pelos organismos e animais que porventura vierem a ter contato (acidental ou propositalmente naturalizado). Ainda que a crença na promoção de que um tratamento adequadamente

fornecido aos resíduos provenientes das lavagens para retirada dessas graxas (quando os revestimentos chegam a bordo) e materiais com os quais haja contaminação seja uma escolha, cabe o incentivo à redução de agentes contaminantes nos processos industriais.

Silva (2018, p. 20) explica que "devido à multiplicidade de cenários e fatores associados é auferido um grau de complexidade relevante aos processos produtivos de petróleo e por consequência, ao tratamento dos rejeitos da produção".

Gomes (2014, p. 25) pormenoriza a situação a bordo, no que diz respeito tanto a previsões legais que permitem descartes (onde majoritariamente se presume o atendimento às exigências ambientais, considerando dificuldades relacionadas à fiscalização) quanto indica possibilidade de ocorrências por imperícia, imprudência ou negligência.

> São muitos os efluentes gerados nas atividades de exploração e produção de petróleo que podem ser descartados no mar, no caso das operações offshore, em outros corpos hídricos ou até mesmo diretamente no solo, quando se tratam de atividades onshore. Os efluentes são gerados em diversas atividades de rotina e de acordo com a especificidade de cada uma delas, apresentarão características diferenciadas que podem representar riscos de degradação da qualidade ambiental quando em contato com o meio ambiente. (GOMES, 2014, p. 25).

2.2. Ecotoxicologia

Muito além das definições de cunho acadêmico, Zagatto (2015, p. 02) interpreta a ecotoxicologia como "ciência que pode fornecer informações importantes aos gestores ambientais quanto ao monitoramento ambiental, ao controle da poluição e na previsão de impactos para os diferentes compartimentos (ar, água, solo e sedimento). "

Oliveira et al. (2010, p. 64) explica que "a ecotoxicologia se apresenta como uma ciência multidisciplinar, que se detém na produção de informações sobre a exposição e o efeito de compostos químicos naturais e ou sintéticos em organismos. "

Diante do exposto, a pertinência da ecotoxicologia como recurso de fundamentação e base dos métodos selecionados para condução desta pesquisa faz-se evidente, especialmente quando se verifica a diversidade de experimentos possíveis a partir desta área.

Cunha (2011, p. 20) destaca que "a análise ecotoxicológica tem por finalidade saber se, e em qual grandeza, as substâncias químicas, isoladas ou em forma de misturas, são nocivas, e como e onde manifestam seus efeitos. "

Logo, as vantagens provenientes de produtos da ecotoxicologia são inúmeras, incluindo a variedade de aplicações possíveis das práticas adotadas nesta ciência. Quando se observa a dificuldade de apuração de processos industriais menos acessíveis (seja por acessibilidade, segurança ou confidencialidade), o valor da aplicação dos conceitos e ferramentas da ecotoxicologia se apresentam ainda mais valorosos.

Considerando que as graxas cujos comportamentos foram estudados são compostas por uma combinação de substâncias que engloba metais, incluindo pesados (AMERICAN REFINING GROUP, 2015; PETROBRAS, 2015; BESTOLIFE CORPORATION, 2018; JET LUBE® KORR-GUARD™, LLC, 2019; KHAN, 2011), vale ressaltar os desdobramentos negativos (embora não facilmente perceptíveis, especialmente no curto prazo) de contaminações (inevitáveis quando se analisa a manipulação destes produtos) podem ser identificados preventivamente via aplicação de testes como o de toxicidade aguda.

2.3 Teste de toxicidade aguda

Testes de toxicidade aguda se destacam pelo protocolo relativamente simples, quando comparados a outros tantos ensaios disponíveis. Por se tratar de ferramenta normatizada pela ABNT via NBR 16530 - Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Artemia* sp (Crustacea Brachiopoda) e largamente utilizada (ainda que não para os produtos submetidos a esta pesquisa), representa um mecanismo acessível de investigação de interações entre substâncias químicas e organismos aquáticos.

Schepis et al. (2016, p. 42) reforçam que “estudos sobre os impactos causados pelos contaminantes sobre os ecossistemas aquáticos são necessários, de modo a permitir a compreensão dos fenômenos e fornecer informações para o controle e a reversão dos efeitos negativos que possam estar ocorrendo. ”

Idealmente, a reprodução de tais testes e a prática da ciência como um todo requerem maiores investimentos que os atualmente realizados. Com a realidade imposta, metodologias menos onerosas e com curto tempo de resposta, o teste comumente realizado por intermédio da observação e submissão de *Artemias* configuram uma solução ainda mais relevante para a sociedade.

Conforme resume Pimentel (2011 apud Guaralde, 2016, p. 28) ”o baixo custo de todo o processo, a facilidade de obter cistos de artêmia no mercado, o seu prático manuseio em laboratório, a

facilidade de executar todo o protocolo do teste e a dispensa de autorização legal para uso de animais de laboratório são vantagens indiscutíveis de se empregar este teste. ”

Carvalho et al. (2017, p. 966) destacam que “aspecto importante sobre a toxicidade dos metais para organismos aquáticos está relacionado à existência ou não de recuperação depois de interrompida a exposição dos organismos a esses tóxicos. ”

2.4 Ensaio de fuga

A investigação quanto a potenciais substâncias nocivas ao meio ambiente também demanda experimentos voltados a conhecer a reação de organismos terrestres. Contaminações provenientes de ações ou negligência relacionadas à indústria do petróleo são potencialmente graves dada a complexidade dos processos envolvidos na execução das operações.

Baptista, Cammarota e Freire (2003, p. 02) chamam atenção para os riscos no ambiente *onshore* e destacam a demanda por planos de contingência que possam ser acionados diante de um evento indesejado.

> O derrame de hidrocarbonetos no mar vem causando problemas ambientais há décadas. No entanto, os problemas de contaminação não se restringem apenas aos derrames no mar, os solos também são afetados por vazamentos de oleodutos devido à falta de uma manutenção mais rigorosa dos mesmos. A necessidade de remediação desses ambientes contaminados tem estimulado o surgimento de técnicas que visam a eliminação dos poluentes. (BAPTISTA; CAMMAROTA; FREIRE, 2003, p. 02).

Baptista e Rizzo (2005, p. 01) explicam sobre a complexidade do processo de biorremediação e impactos da degradação na viabilidade de uso e recuperação de um solo poluído.

> A degradação biológica de compostos orgânicos, como os derivados de petróleo, é alcançada somente em condições naturais favoráveis, que proporcionem interações otimizadas entre os microrganismos e o solo, os microrganismos e o contaminante e os microrganismos e eles mesmos. Para isto, a adição de nutrientes como nitrogênio e fósforo, assim como a correção de umidade e o controle da aeração são fatores altamente decisivos e, portanto, podem acelerar o processo de biorremediação. Entretanto, o processo de atenuação natural (biorremediação intrínseca) de um poluente orgânico do solo, sem acréscimo de nutrientes ou adequação de qualquer condição ambiental, pode ocorrer de maneira contínua devido ao processo de adaptação natural da microbiota nativa do solo impactado. Esses microrganismos passam, então, a utilizar o composto orgânico poluente como fonte de carbono, ocasionando assim uma

> redução da sua concentração ao longo do tempo. Alem disso, o solo contaminado é sujeito ao processo de intemperização natural, onde, não só os processos biológicos estão envolvidos, mas também, processos físicos e químicos são responsáveis pela redução da concentração de poluente no solo (lixiviação, volatilização, etc). No entanto, o tempo envolvido no processo de atenuação natural costuma ser bastante longo (meses ou anos) o que torna necessária, muitas das vezes a remoção do solo impactado e encaminhamento do mesmo para tratamento ex-situ (fora do local onde ocorreu a contaminação). (BAPTISTA; RIZZO, 2005, p. 01).

Entre tantas ações preventivas existentes, o ensaio de fuga se apresenta como uma ferramenta de utilização relativamente simples e de rápida geração de resultados. Largamente utilizados em pesquisas envolvendo agrotóxicos, permitem a identificação do comportamento espontâneo de minhocas mediante exposição a solos contaminados com produtos químicos cujo potencial nocivo se deseja conhecer. (BUCH; BROWN; NIVA, 2010; DE AZEVEDO; CORONAS, 2019; SOARES; DOS SANTOS MARIANO; PAULINO, 2020).

Neste trabalho, o ensaio de fuga objetivando averiguar a reação de minhocas *Eisenia andrei* ao contato com solo contaminado propositalmente com graxas Kendex OCTG e API *Modified* Jet Lube® Korr-Guard™ foi realizado e culminou em resultado com potencial para fomentar novos estudos com produtos amplamente utilizados e cujos registros públicos de estudos não foram localizados até a emissão deste registro.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1. Material

Produções acadêmicas, normas, leis e materiais elaborados por fornecedores da indústria do petróleo foram examinados a partir de consultas a bases de dados administradas por organizações como Scopus, Scielo e Google. O foco das pesquisas foi direcionado aos estudos sobre construção de poços de petróleo, graxas, ecotoxicologia e testes ecotoxicológicos (principalmente teste de toxicidade aguda e ensaio de fuga).

3.1.1 Material utilizado no Teste de toxicidade aguda

Os principais materiais utilizados no teste de toxicidade aguda estão relacionados no Quadro 1 e permitem melhor compreensão acerca do universo das pesquisas laboratoriais, não tão familiar às carreiras operacionais *offshore*.

Quadro 1: Lista de materiais e equipamentos utilizados no teste de toxicidade aguda

Material/Equipamento	Quantidade	Objetivo principal
Ácido clorídrico	200 mL	Preparação de solução de limpeza 10%
Água comum	-	Lavagem das vidrarias e objetos
Água destilada	-	Lavagem das vidrarias e objetos
Água do mar	20 L	Lavagem das vidrarias e objetos
Argola	01	Posicionamento dos balões no suporte universal
Balança	01	Pesagem dos cistos de *Artemias*
Balão de separação 250 mL	02	Manipulação das *Artemias*
Balão de separação 500 mL	01	Eclosão das *Artemias*
Balão volumétrico 100 mL	06	Manipulação das *Artemias*
Bastões de vidro	02	Manipulação das *Artemias*
Becker 250 mL	02	Manipulação das amostras de graxas originais
Becker 5 L	02	Diluição das amostras
Bomba de água	01	Aeração e oxigenação
Capela de exaustão	01	Preparação da solução de limpeza
Cistos de *Artemia*	-	Eclosão para realização do ensaio
Dodecil sulfato de sódio	-	Substância de referência
Frascos 100 mL	06	Manipulação das amostras de graxas originais
Funil	02	Transferência de líquidos e amostras diluídas
Geladeira	01	Refrigeração da água do mar
Graxa de estocagem Kendex OCTG	500 g	Teste de toxicidade aguda
Graxa de descida Jet Lube® Korr-Guard™	500 g	Teste de toxicidade aguda
Incubadora	01	Manutenção da refrigeração durante eclosão

Microscópio estereoscópio	01	Contagem dos náuplios e *Artemias*
Papel alumínio	-	Cobertura opaca do balão de separação
Pêra automática	01	Sucção de líquidos
pHmetro Gehaka	01	Medição do pH da água e amostras
Pipeta volumétrica	01	Manipulação dos náuplios de *Artemia*
Pipeta de plástico	02	Manipulação dos náuplios de *Artemia*
Placa de cultura (6 poços de 10 mL cada)	06	Cultura
Placa de petri	02	Manuseio dos náuplios
Proveta 50 mL	02	Confirmação dos volumes e transporte de líquidos
Proveta 100 mL	02	Confirmação dos volumes e transporte de líquidos
Rede 20 µm	01	Filtração da água do mar
Sulfato de ferro II	-	Substância de referência
Suporte universal	02	Acondicionamento dos balões
Termômetro Incoterm 5003	01	Verificar temperatura da água e amostras diluídas

Fonte: Elaboração própria, 2022.

3.1.2 Material utilizado no ensaio de fuga

Os principais materiais utilizados no ensaio de fuga estão relacionados no Quadro 2 e permitem melhor compreensão acerca do universo das pesquisas laboratoriais, não tão familiar às carreiras operacionais *offshore*.

Quadro 2: Lista de materiais e equipamentos utilizados no ensaio de fuga

Material/Equipamento	Quantidade	Objetivo principal
Ácido bórico	10 g	Substância de referência
Ácido clorídrico	200 mL	Preparação de solução de limpeza 10%
Água comum	-	Lavagem das vidrarias e objetos
Água destilada	-	Lavagem das vidrarias e objetos
Água do mar	20 L	Lavagem das vidrarias e objetos
Incubadora	01	Manutenção de condições controladas

Latossolo	1 kg	Solo-controle natural
Minhocas	110 un	Organismos-teste
Peneira 2 mm	01	Preparação do solo
Peneira 10 mm	01	Preparação do solo
Recipientes de plástico	08	Utilização como câmara com duas seções
Recipientes de vidro	08	Utilização como câmara com duas seções

Fonte: Elaboração própria, 2022.

3.2. Método

A pesquisa conduzida foi do tipo quantitativa, aplicada, descritiva e experimental, no que tange, respectivamente, à abordagem, natureza, ao objetivo e procedimento, conforme classificação registrada por Gerhardt e Silveira (2009).

No estudo apresentado duas metodologias padronizadas pela ABNT foram aplicadas. A ABNT NBR 16530:2016 Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Artemia sp (Crustacea, Brachiopoda) para ambiente marinho. E a realização do teste de fuga pela ABNT NBR ISO 17512-1 - Qualidade do Solo - Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*) para ambiente terrestre.

3.2.1 Teste de Toxicidade Aguda

Considerando a ausência de literatura específica relacionada à toxicidade de graxas Kendex OCTG e Jet Lube Koor®-Guard ™, bem como informações limitadas dos fabricantes dos compostos utilizados como amostras, a opção pelo teste de toxicidade aguda para a condução da pesquisa foi considerada praticável, relevante e teve fundamentação na ABNT NBR 16530 - Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Artemia sp (Crustacea, Brachiopoda). Entretanto, antes do uso do teste padronizado foi realizado um pré-teste qualitativo no intuito de verificar efeitos ou não nos organismos teste (Figura 1).

- Concentrações: 5 g de graxa + 50 mL de água de diluição + 10 Artemias.
- Duração do experimento: 48h (estático).

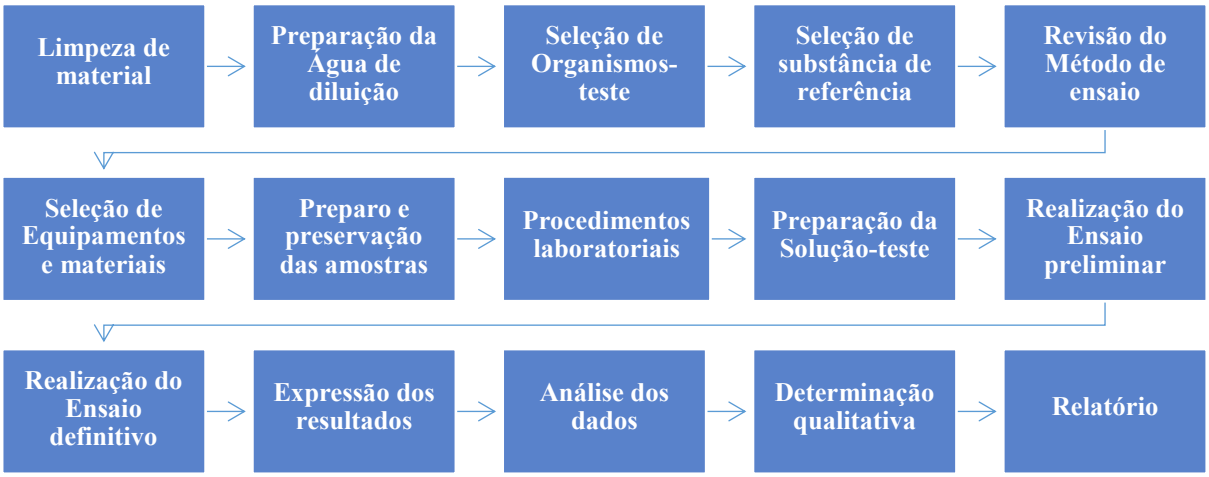
- Replicabilidade: Quadruplicata

Figura 1 - Preparação do teste qualitativo

Fonte: A autora, 2021.

Após o pré-teste, seguiu-se com o uso do teste padronizado. A norma define detalhes desde à preparação e lavagem dos utensílios que sejam utilizados durante prática embasada por seu conteúdo à compilação das evidências obtidas. A figura 2 resume os itens destacados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Figura 2: Metodologia utilizada no teste de toxicidade aguda



Fonte: Elaboração própria, 2022.

Todos os materiais necessários para a realização do ensaio foram separados previamente. A limpeza, incluindo vidraria, foi realizada conforme o seguinte protocolo definido previamente (com base na norma e ainda mais rigorosa). A Figura 3 representa o protocolo de lavagem química definido, que incluiu: três lavagens com água doce natural + uma lavagem com água destilada + uma lavagem com solução de limpeza + três lavagens com água natural + uma lavagem com água destilada. A solução de lavagem foi preparada a partir da manipulação de ácido clorídrico, na proporção 10% (900 mL de água destilada + 100 mL de ácido clorídrico).

Figura 3: Protocolo de lavagem química

Fonte: Elaboração própria, 2022.

A água de diluição utilizada foi do tipo água do mar natural coletada da praia do Forte, em Cabo Frio/RJ. Sua preparação envolveu verificação e manutenção de temperatura via refrigeração, pH, nível de oxigênio dissolvido e filtração.

Os parâmetros pH e temperatura da água (mantida em 35°C) foram verificados antes de sua utilização em cada teste e a qualidade da mesma foi comprovada pela sobrevivência dos organismos-teste, conforme prevê a norma.

A Figura 4 representa o processo adaptado de Berenger et al. (2017) de produção das frações solúveis em água das graxas usadas no estudo, que foram posicionadas ao sol, em temperatura ambiente 32 °C. A distinção do método original foi o uso de graxa ao invés de óleo diesel ou gasolina no ensaio.

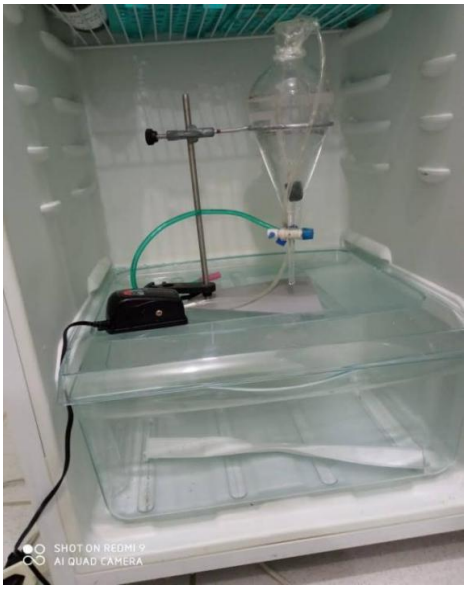
A diferença de densidade entre as graxas foi perceptível a olho nu logo após início do processo de observação. Enquanto a graxa Jet Lube® Korr-Guard™ precipitou imediatamente no fundo do Becker, a graxa Kendex OCTG apresentou flutuabilidade e fragmentação em porções agrupadas naturalmente.

Figura 4: Processo de produção da fração solúvel em água das graxas Jet Lube e Kendex OCTG

Fonte: A autora, 2021.

Os organismos-teste foram obtidos após processo de eclosão das *Artemias*, que seguiu recomendações da ABNT NBR 16530. Os cistos que já estavam disponíveis na geladeira do Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) foram pesados e transferidos para o balão volumétrico (lavado, contendo 500 mL de água do mar filtrada e aerado), que foi totalmente coberto com papel alumínio para promover a ausência de luz determinada pela norma. O suporte contendo o balão preparado para eclosão foi armazenado na incubadora, responsável pela manutenção da temperatura durante todo o período de maturação. Em alguns casos, o mesmo funil foi utilizado para auxílio na transferência das amostras (sempre da concentração menor para a maior).

Figura 5: Processo de eclosão das *Artemias*



Fonte: A autora, 2021.

As amostras das graxas foram obtidas por doação (a partir de empresas petrolíferas que rotineiramente estocam tais produtos, devido à frequência de utilização). Os organismos-teste foram obtidos através da empresa de aquariofilia Maramarpet (https://maramarpet.com.br/maramarpet/), localizada em Arraial do Cabo/RJ, e armazenados no LEMAM, que dispõe de todo o ferramental necessário para a condução dos testes.

No método de ensaio com *Artemia sp* (Crustacea, Brachiopoda), parâmetros como quantidade de exposições, duração dos testes e frequência de observações foram registrados. A relação dose-resposta foi avaliada, registrados no *software* de Modelagem de Processos ARPO e a análise de dados realizada com suporte do *software* estatístico Trimmed Spearman-Karber, que determina o CL 50 para as concentrações de frações solúveis utilizadas (100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,25%). A carta controle foi desenvolvida usando lauril sulfato de sódio (SDS) como composto de referência.

3.2.2 Teste de ensaio de fuga

A realização do teste de fuga transcorreu conforme ABNT NBR ISO 17512-1 - Qualidade do Solo - Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*).

A coleta do latossolo foi realizada no Bairro Rasa - Armação de Búzios/RJ. O solo foi peneirado conforme determinação da norma. Minhocas estavam disponíveis no IFFluminense - LEMAM e não foram alimentadas durante o ensaio.

A Figura 5 representa o fluxo de atividades seguido e que permitiu alcance de resultados úteis para continuidade de estudos sobre o tema. Após a compra dos materiais listados na norma, limpeza destes e seleção das minhocas *Eisenia andrei*, a substância de referência (ácido bórico) foi reservada e o método destacado na norma, revisado. Demais equipamentos e materiais foram preparados, o solo-controle natural peneirado. A concentração apropriada para diferentes cenários está definida em norma.

Figura 6: Metodologia utilizada no ensaio de fuga

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Os recipientes-teste foram identificados e bipartidos (transformados em câmaras de duas seções cada) e receberam tanto controle quanto as substâncias objeto da pesquisa, conforme Figuras 6, 7 e 8.

Figura 7: Preparação dos recipientes-teste

Fonte: A autora, 2021

Figura 8: Alimentação das câmaras bipartidas com solo controle e substância avaliada

Fonte: A autora, 2021.

Figura 9: Seleção das minhocas

Fonte: A autora, 2021.

Figura 10: Posicionamento das minhocas no centro dos recipientes-teste

Fonte: A autora, 2021.

A exposição das minhocas permitiu observação do comportamento da espécie *Eisenia andrei* mediante contato com solo-controle (hidratado com água destilada), graxas Jet Lube® Korr-Guard™ e Kendex OCTG na concentração de 100 mg/kg de latossolo. Os recipientes foram divididos em seções A (teste) e B (controle). Quatro réplicas com 10 minhocas em cada foram distribuídas em recipientes de 1,5 litros, divididos em duas seções. As minhocas foram submetidas ao período de aclimatação de 24 horas, não foram alimentadas durante o ensaio e permaneceram em ambiente a 21ºC, fotoperíodo de 12/12 horas claro e escuro por 48 horas. Ácido bórico (750 $mg.kg^{-1}$) foi utilizado como substância tóxica de referência.

Os resultados foram obtidos conforme fórmula expressa na ABNT 17512-1, onde "a média de minhocas no solo-teste é comparada com a média de minhocas no solo-controle [respostas negativas (= as minhocas preferem o solo-teste) são consideradas como 0% de fuga] de acordo com a Equação":

$$x = (\frac{n_c - n_t}{N}).100$$

"Onde:

- x é a fuga, expressa em porcentagem;
- n_c é o número de minhocas no solo-controle (tanto por recipiente-teste quanto no solo-controle de todas as replicatas somadas);

- n_t é o número de minhocas no solo-teste (tanto por recipiente-teste quanto por todas as replicatas);
- N é o número total de minhocas (usualmente 10; tanto por recipiente-teste quanto no solo controle de todas as replicatas somadas) ”.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados nos testes de toxicidade aguda (diluição 1:9) e ensaio de fuga realizados demonstram a importância dos estudos ecotoxicológicos de produtos compostos por misturas químicas utilizados na indústria do petróleo.

4.1 Pré-teste e testes de toxicidade aguda

O pré-teste foi realizado no intuito de analisar qualitativamente as características das graxas estudadas. Neste pré-teste, notou-se que as graxas possuem toxicidade que demanda novos testes, apesar de encontradas mortes nos náuplios de *Artemia* que devem ter sido provocadas por efeito físico (retenção do náuplio pela graxa), já que não foi verificada a presença dos indivíduos mortos no fundo do frasco utilizado (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados do teste qualitativo

Concentrações das Amostras		**Organismos Teste (*Artemias*)**	
		Após 48 horas	
Tipo	**Nome**	**Vivos**	**Mortos**
Controle	C1	10	0
	C2	10	0
	C3	10	0
Kendex OCTG	1.1	05	05
	1.2	08	02
	1.3	07	03
	1.4	09	01
Jet Lube Koor®-	2.1	05	05
	2.2	07	03
	2.3	06	04

Guard ™	2.4	09	01

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Em novembro de 2020, o primeiro ensaio foi realizado e a Tabela 2 representa os parâmetros físico-químicos da água durante o experimento:

Tabela 2: Parâmetros físico-químicos da água – Ensaio 1

Diluição	**Graxas**	**KENDEX OCTG**			**JET-LUBE® KORR-GUARD™**		
Água do Mar	Variáveis/ Concentrações	pH	Temperatura (°C)	O_2 (ppm)	pH	Temperatura (°C)	O_2 (ppm)
pH 8,17; Temperatura 25,8 °C; O_2 11 ppm	1	8,76	27,4	9	8,64	26,8	11
	2	8,44	27,8	9	8,34	27,1	11
	3	8,30	28,0	11	8,32	27,7	9
	4	8,20	27,6	9	8,26	28,2	11
	5	8,19	28,7	9	8,18	28,3	11

Fonte: Elaboração própria, 2022.

A Tabela 3 representa os resultados observados após 24 e 48 de horas de exposição dos organismos a ambos os produtos estudados:

Tabela 3: Resultados do primeiro ensaio de toxicidade aguda

Concentrações das Amostras		**KENDEX OCTG**		**JET LUBE® KORR-GUARD™**		**KENDEX OCTG**		**JET-LUBE KORR-GUARD**	
		Organismos Teste (*Artemias*)							
		Após 24 horas				**Após 48 horas**			
Tipo	**Nome**	**Vivos**	**Mortos**	**Vivos**	**Mortos**	**Vivos**	**Mortos**	**Vivos**	**Mortos**
Controle	C1	10	0	10	0	10	0	10	0
	C2	10	0	10	0	10	0	10	0
	C3	10	0	10	0	10	0	10	0
	C4	10	0	10	0	10	0	10	0
1	1.1	9	1	10	0	9	1	10	0
	1.2	10	0	10	0	10	0	10	0
	1.3	10	0	10	0	10	0	10	0

	1.4	10	0	10	0	10	0	10	0
2	2.1	10	0	10	0	10	0	10	0
	2.2	10	2	10	0	10	2	10	0
	2.3	10	0	10	0	10	0	10	0
	2.4	9	1	10	0	9	1	9	1
3	3.1	10	0	10	0	10	0	10	0
	3.2	10	0	10	0	10	0	10	0
	3.3	10	0	10	0	10	0	9	1
	3.4	10	0	10	0	10	0	10	0
4	4.1	9	1	10	0	9	1	10	0
	4.2	9	1	10	0	9	1	10	0
	4.3	10	0	10	0	10	0	10	0
	4.4	10	0	10	0	10	0	10	0
5	5.1	10	0	10	0	10	0	10	0
	5.2	10	0	10	0	10	0	10	0
	5.3	10	0	10	0	10	0	10	0
	5.4	10	0	10	0	10	0	9	1
Os dados obtidos não permitiram cálculo do LD50.									

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Em dezembro de 2020, novo ensaio foi realizado e a Tabela 4 representa os parâmetros físico-químicos da água durante o experimento:

Tabela 4: Parâmetros físico-químicos da água – Ensaio 2

Diluição	**Graxas**	**KENDEX OCTG**			**JET-LUBE® KORR-GUARD™**		
Água do Mar	Variáveis/ Concentrações	pH	Temperatura (°C)	O2 (ppm)	pH	Temperatura (°C)	O2 (ppm)
pH 8,14; Temperatura 25,8 °C; O_2 6-8 ppm	1	9,71	28,7	6-8	8,64	29,4	6-8
	2	8,94	29,3	6-8	8,41	29,9	4-6
	3	8,51	29,0	6-8	8,30	29,4	4-6
	4	8,37	29,5	6-8	8,23	29,7	4-6
	5	8,28	29,3	6-8	8,19	29,9	4-6

Fonte: Elaboração própria, 2022.

A Tabela 5 representa os resultados observados no segundo ensaio, após 24 e 48 de horas de exposição dos organismos a ambos os produtos estudados:

Tabela 5: Resultados do segundo ensaio de toxicidade aguda

Concentrações das Amostras		**KENDEX OCTG**		**JET LUBE® KORR-GUARD™**		**KENDEX OCTG**		**JET-LUBE KORR-GUARD**	
		Organismos Teste (Artemias)							
		Após 24 horas				**Após 48 horas**			
Tipo	**Nome**	**Vivos**	**Mortos**	**Vivos**	**Mortos**	**Vivos**	**Mortos**	**Vivos**	**Mortos**
Controle	C1	10	0	10	0	10	0	10	0
	C2	10	0	10	0	10	0	10	0
	C3	10	0	10	0	10	0	10	0
	C4	10	0	10	0	10	0	10	0
1	1.1	10	0	10	0	10	0	9	1
	1.2	10	0	9	1	10	0	9	2
	1.3	10	0	10	0	10	0	9	1
	1.4	10	0	11	0	10	0	10	0
2	2.1	10	0	11	0	10	0	10	0
	2.2	10	0	10	0	9	1	10	0
	2.3	10	0	12	0	9	1	10	0
	2.4	9	0	10	0	10	0	10	0
3	3.1	10	0	10	0	10	0	8	2
	3.2	10	0	10	0	10	0	10	0
	3.3	10	0	10	0	10	0	11	0
	3.4	10	0	10	0	9	0	10	0
4	4.1	9	0	10	0	8	2	10	0
	4.2	10	0	10	0	10	0	10	0
	4.3	11	0	10	0	10	0	10	0
	4.4	10	0	10	0	10	0	10	0
5	5.1	10	0	10	0	10	0	9	0
	5.2	10	0	10	0	10	0	9	1
	5.3	10	0	10	0	10	0	9	2
	5.4	10	0	10	0	10	0	10	0
Os dados obtidos não permitiram cálculo do LD50.									

Fonte: Elaboração própria, 2022.

O teste de toxicidade com espécies do gênero *Artemia* sp são aplicados em ecotoxicologia como sendo um versátil método onde o organismo possui uma biologia e ciclo de vida conhecidos, relevância ecológica e facilidade na manutenção dos organismos em laboratório (NUNES et al., 2006). Camargo *et al.* (2017) realizou o teste com *Artemia* em pesquisa com eluato de biodiesel, verificando o possível impacto ambiental da mistura do biodiesel com diesel de petróleo.

Outro estudo com intuito de verificar o impacto ambiental de nano partículas de dispersante aplicados em derramamento de petróleo também fez uso do ensaio ecotoxicológico com Artemia (RODD et al., 2014). E o teste com *Artemia partenogênica* foi usado na verificação do impacto dos Alquil hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH), que são compostos predominantes em óleo cru de petróleo (CONG et al., 2021).

Em todos os estudos citados, o teste com *Artemia* apresentou resultado de toxicidade nas amostras testadas. Entretanto, neste estudo, esta toxicidade não ficou evidente, demonstrando a importância de novos bioensaios para investigação das graxas testadas, de forma a aprofundar a pesquisa quanto à representação de risco ambiental se considerarmos a toxicidade aguda na concentração de diluição aplicada. Um ponto que caracteriza a versatilidade do ensaio da *Artemia* é a utilização de outros "*endpoints*", como padrão de eclosão dos cistos e o comportamento de eclosão, além da mortalidade (YU; LU, 2018). Deste modo, outros parâmetros podem ser pensados para novos estudos com *Artemia*.

4.2 Ensaio de fuga com *Eisenia andrei* (minhocas)

Apesar das características operacionais que vão desde promoção de lubrificação e proteção anticorrosiva à estabilização de parâmetros que determinam critérios de aceitação durante o processo de utilização dos produtos, percebe-se que graxas usadas em tubos aplicados em poços de petróleo são responsáveis por contaminações e geração de resíduos (PICHTEL, 2016). Neste ensaio, os dois produtos utilizados para lubrificação de tubos em poços de petróleo foram testados quanto à toxicidade em solos. A Tabela 6 apresenta em detalhes o comportamento da *Eisenia andrei* (minhocas) mediante as exposições durante o bioensaio de fuga.

Tabela 6: Resultados do ensaio de fuga

Concentrações das Amostras		**Organismos Teste (*Eisenia Andrei*)**	
		Após 48 horas	
Tipo	**Recipiente**	**Seção A**	**Seção B**

		(Teste)	(Controle)
Controle	1	3	5
	2	0	10
	3	2	8
Kendex OCTG	1	2	8
	2	3	8
	3	2	8
	4	0	10
Jet Lube Koor®-Guard ™	1	9	1
	2	7	3
	3	7	3
	4	7	3

Fonte: Elaboração própria, 2022.

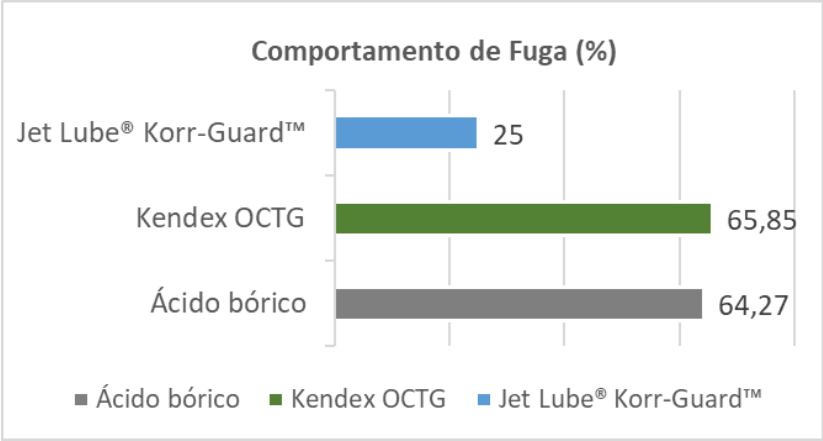
O teste com *Eisenia andrei* demostrou ser bem apropriado para a pesquisa dos efeitos de toxicidade dos produtos derivados de petróleo (LEMOS et al., 2020). Óleos lubrificantes apresentam importante toxicidade para *Eisenia andrei* (TAMADA et al., 2012). E mesmo após processos de biorremediação, os solos que foram contaminados com óleos lubrificantes podem ainda apresentar toxicidade (SOROLDONI et al., 2019).

Neste estudo, a graxa Kendex OCTG apresentou percentual fuga de 65,85%, semelhante ao do ácido bórico usado como substância tóxica de referência com percentual de fuga de 64,27%. (Figura 11). O que neste caso, sugere que este composto apresenta efeito subletal sobre organismos terrestres, devendo desta maneira serem consideradas medidas de contenção e monitoramento em atividades *onshore*. No teste com a graxa Jet Lube® Korr-Guard™, as minhocas não apresentaram comportamento de fuga. Estes resultados mostraram que os efeitos tóxicos subletais das graxas em minhocas *Eisenia andrei* usadas no estudo podem variar.

O comportamento de fuga apresentado pela graxa Kendex é semelhante ao de outros óleos lubrificantes. Entretanto, o resultado com graxa Jet Lube® Korr-Guard™ foi controverso, dada a constatação de não ocorrência de comportamento de fuga das minhocas. Ao contrário, os organismos-teste terminaram o experimento em grande parte no solo teste, demonstrando atração pelo produto químico.

A Figura 11 representa o comportamento de fuga das minhocas após exposição aos solos contaminados com as graxas Kendex OCTG e Jet Lube ® Korr-Guard™.

Figura 11: Comportamento de fuga



Fonte: Elaboração própria, 2022.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os testes de toxicidade aguda, não foi possível identificar toxicidade das amostras solúveis em água de graxas Kendex OCT e Jet Lube® Korr-Guard™. O teste de subletalidade em solo, representado neste estudo pelo teste de fuga com *Eisenia andrei* mostrou resultado de subletalidade para a graxa Kendex OCTG. A atração das minhocas pelo solo contaminado com graxa Jet Lube® Korr-Guard™, indicou que este produto não foi capaz de apresentar subletalidade no ensaio realizado.

Além do exposto, pesquisas futuras destinadas à compreensão dos impactos ambientais inerentes às práticas adotadas pelo segmento de óleo e gás deverão ser realizadas e encorajadas a partir deste estudo, onde ficou evidente que enquanto este setor produtivo necessitar atuar nos ambientes aquáticos e terrestres, necessário se faz desenvolver práticas de avaliação ecotoxicológica que envolvam ambos os ambientes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR ISSO 17512-1. Qualidade do Solo — Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento Parte 1: Ensaio com minhocas (Eisenia fetida e Eisenia andrei).** Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=RFZRd2U2Rmd0akE2bFBsRHkwcGIyZWs0a2pFTzFOLzN6cHVaczNzYmJBaz0=>. Acesso em 13 jan. 2021.

ASLAN, Jan Fernandes; PINTO, Augusto Eduardo Miranda; DE OLIVEIRA, Manildo Marcião. Poluição do meio ambiente marinho: Um breve panorama dos princípios, instrumentos jurídicos e legislação brasileira. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, n. 9, p. 175-186, 2018. Disponível em: < https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/view/3397/jann9.pdf>. Acesso em 09 dez. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ***NBR 15799:2019*** **Qualidade do Solo - Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*).** Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=L2ZuQnF5NDh3V2R0SVJlQ2lGaXo4Q2NSbXNBUXZiRHFLTWVPZ2hXaVlzWT0=>. Acesso em 02 jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ***NBR 16530:2016*** **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Artemia sp (Crustacea, Brachiopoda).** Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=359928>. Acesso em 27 jan. 2021.

BAPTISTA, Sandro J.; CAMMAROTA, Magali C.; FREIRE, Denise DC. Avaliação da bioestimulação em solos argilosos contaminados com petróleo. **In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo and Gás.** 2003. p. 267. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Magali-Cammarota/publication/268432004_AVALIACAO_DA_BIOESTIMULACAO_EM_SOLOS_ARGILOSOS_CONTAMINADOS_COM_PETROLEO/links/555555cb08ae6943a871c495/AVALIACAO-DA-BIOESTIMULACAO-EM-SOLOS-ARGILOSOS-CONTAMINADOS-COM-PETROLEO.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2021.

BATISTA, Paula Machado. **Acompanhamento do processo de atenuação natural de solo contaminado por petróleo.** XIII Jornada de Iniciação Científica – CETEM. 2005. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/766/1/Paula%20Machado%20Batista.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2021.

BERENGUER, Juliana Nogueira et al. Effects of diesel oil and environmental quality on the enzymatic activities of a tropical estuarine catfish and implications for contamination assessment. Ecotoxicology and Environmental Contamination, v. 12, n. 1, p. 103-111, 2017. Disponível em:<https://ecotoxbrasil.org.br/upload/45284ee9a934913ac5c67eb53d842cc8-013-eec-10913--103-111.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

BUCH, Andressa Cristhy; BROWN, G. G.; NIVA, C. C. Pontoscolex corethrurus (Müller, 1857) e Eisenia andrei, Bouché, 1972 como bioindicadoras de solos contaminados por agrotóxicos. In: **Embrapa Florestas-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 11., 2010, Bombinhas. Anais... Brisbane: International Union of Soil Science: ASSSI, 2010., 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/876841/1/Pontoscolexcorethrurusbrown.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.

CARVALHO, Marcela Merides et al. Estudo da toxicidade de metais (zinco e cádmio) sobre Ceriodaphnia dubia, por multivias de exposição e recuperação biológica de descendentes. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, p. 961-968, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/hPwGdJVqnDJfFJLbx6MgVgF/?format=html>. Acesso em 08 dez. 2021.

CAMARGO, Rubia PL; CARRIM, Aysha Jussara I.; ANTONIOSI FILHO, Nelson R. Study ecotoxicity of biodiesel from residual oils and fats and the effects of salinity aquatic ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Contamination**, v. 12, n. 1, p. 63-67, 2017. Disponível em: <http://ecotoxbrasil.org.br/upload/b8c379017d73cdc23eba0b03576b9fc4-008-eec-9914-63-67-study-ecotoxicity-of-biodiesel.pdf>. Acesso em 07 fev. 2022.

COIMBRA, Rodolfo dos Santos Coutinho et al. Biomarcadores como ferramentas na avaliação da qualidade do pescado contaminado com metais traço. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 7, p. 153-172, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Manildo-

Oliveira/publication/273691956_Biomarkers_as_tools_in_quality_assessment_of_fish_contaminated_with_trace_metals/links/55c4b75008aeca747d617bb3/Biomarkers-as-tools-in-quality-assessment-of-fish-contaminated-with-trace-metals.pdf>. Acesso em 15 set. 2021.

CONG, Yi et al. Lethal, behavioral, growth and developmental toxicities of alkyl-PAHs and non-alkyl PAHs to early-life stage of brine shrimp, Artemia parthenogenetica. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 220, p. 112302, 2021. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321004139> Acesso em 07 fev. 2022

CUNHA, Bruna Müller da. **Avaliação ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante ensaio de toxicidade aguda utilizando artemia salina e lactuca sativa.** 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/32773/000786252.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 11 nov. 2021.

DE AZEVEDO, Amanda Rampelotto; CORONAS, Mariana Vieira. Uso de testes de fuga com minhocas Eisenia andrei e Eisenia fetida para identificação da toxidade de agrotóxicos no Brasil: uma breve revisão da literatura. **Ciência e Nat**, v. 40, p. 18-26, 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/270300881.pdf>. Acesso em 07 dez. 2021.

GOMES, Ana Paula Pereira. **Gestão ambiental da água produzida na indústria de petróleo: melhores práticas e experiências internacionais.** Rio de Janeiro: COPPE, 2014. Disponível em: <http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/gomes_ana.pdf>. Acesso em 03 dez. 2021.

GOUVEIA, Lucas Pereira de. **Avaliação da confiabilidade em tubos de revestimento de poços de petróleo.** Maceió. 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/3505>. Acesso em 20 jan. 2021.

GUARALDE, Ailton dos Reis. **Avaliação ecotoxicológica em moluscos da espécie Perna perna (Linnaeu, 1758) oriundos da atividade de cultivo de Arraial do Cabo utilizando Artemia franciscana.** Macaé/RJ. 2016. Disponível em: <https://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2016/avaliacao-ecotoxicologica-em-moluscos-da-especie-perna-perna-linnaeu-1758-oriundos-da-atividade-de-cultivo-de-arraial-do-cabo-utilizando-artemia-franciscana>. Acesso em 20 nov. 2021.

KOEHLER, Leonardo Pereira. **Projeto de revestimento de poços e suas especificidades.** Niterói/RJ. 2018. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/7728>. Acesso em 18 jan. 2021.

LEMOS, G. S.; SOUZA, M. S. S. e; ALEIXO, N. de V. S.; LIMA, E. N.; COTTA, J. A. de O. Ecotoxicological tests with Eisenia fétida for the evaluation of areas allegedly contaminated with oil derivates in municipality of João Monlevade/MG. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 6, p. e115963025, 2020. Disponível em: <https://www.lareferencia.info/vufind/Record/BR_f4f999026347c7fa0952f9e955e9b849>. Acesso em 07 abr. 2021.

MOREIRA, Juliana Fernandes. **Aplicação do método AHP na priorização de envio de recursos para pesquisa de alvos suspeitos de conter material petrogênico na superfície do mar.** Disponível em: <https://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2021/aplicacao-do-metodo-ahp-na-priorizacao-de-envio-de-recursos-para-pesquisa-de-alvos-suspeitos-de-conter-material-petrogenico-na-superficie-do-mar>. Acesso em 20 nov. 2021.

NUNES, Bruno S. et al. Use of the genus Artemia in ecotoxicity testing. **Environmental pollution**, v. 144, n. 2, p. 453-462, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749106000637?casa_token=ebp6U43NoqoAAAAA:MUKvIlcLfu0YlqARdL8U5v3hWz8mPyP2inrrRG5aou0la3299YocnqPTbj7YuC3xTU9lY-RUBK8M>. Acesso em 07 fev. 2022.

OLIVEIRA, Manildo Marcião de et al. Toxinas de cianobactérias e microalgas marinhas: um desafio para a ecotoxicologia aquática. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 4, n. 1, p. 57-80, 2010. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Manildo-Oliveira/publication/272906135_Toxins_of_cyanobacteria_and_microalgae_a_challenge_for_aquatic_ecotoxicology/links/55c4b5b008aeb9756741e603/Toxins-of-cyanobacteria-and-microalgae-a-challenge-for-aquatic-ecotoxicology.pdf>. Acesso em 03 nov. 2021.

PEREIRA, Rogério Ferreira. **Análise do Deepwater Horizon Blowout: Aplicação do Métodos FRAM e STAMP**. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1709.pdf>. Acesso em 05 dez. 2021.

PICHTEL, John. **Oil and gas production wastewater: Soil contamination and pollution prevention. Applied and Environmental Soil Science**, v. 2016, 2016. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/aess/2016/2707989/>. Acesso em 17 abr. 2021.

RODD, April L. et al. Effects of surface-engineered nanoparticle-based dispersants for marine oil spills on the model organism Artemia franciscana. **Environmental science & technology**, v. 48, n. 11, p. 6419-6427, 2014. Disponível: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es500892m>. Acesso em 07 fev. 2022.

SCHEPIS, William Rodriguez et al. Toxicidade aguda e contaminação por metais em sedimentos do rio dos Bugres, Ilha de São Vicente, SP. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 42-53, 2016. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/09/Toxicidade-aguda-e-contamina%C3%A7%C3%A3o-por-metais-em-sedimentos-do-rio-dos-Bugres-Ilha-de-S%C3%A3o-Vicente-SP.pdf>. Acesso em 12 dez. 2021.

SILVA, Fábio Fernandes. **Análise do tratamento do efluente líquido do petróleo sob a perspectiva dos equipamentos de tratamento e dos fatores que influenciam o processo de tomada de decisão: Um estudo de caso na produção de petróle**o. Disponível em: <https://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2018/analise-do-tratamento-do-efluente-liquido-do-petroleo-sob-a-perspectiva-dos-equipamentos-de-tratamento-e-dos-fatores-que-influenciam-o-processo-de-tomada-de-decisao-um-estudo-de-caso-na-producao-de-petroleo>. Acesso em 01 dez. 2021.

SISINNO, Cristina Lúcia Silveira et al. **Ensaio de comportamento com minhocas (Eisenia fetida) para avaliação de áreas contaminadas: resultados preliminares para contaminação por hidrocarbonetos.** 2006. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/18992>. Acesso em 20 mar. 2021.

SOARES, Kanitian Wálery Pereira; DOS SANTOS MARIANO, Wagner; PAULINO, Marcelo Gustavo. Teste de fuga com minhocas (Eisenia andrei) em solo natural tratado com biopesticida à base de Bacillus thuringiensis para avaliação da qualidade do solo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e423985774-e423985774, 2020. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5774>. Acesso em 13 jan. 2022.

SOROLDONI, Sanye et al. Spent lubricant oil-contaminated soil toxicity to Eisenia andrei before and after bioremediation. **Ecotoxicology**, v. 28, n. 2, p. 212-221, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-018-02013-x>. Acesso em 15 abr. 2021.

TAMADA, Ivo Shodji et al. Biodegradation and toxicological evaluation of lubricant oils. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 6 p. 951-956. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/4hpLvpXWbb9nmN9xDr7CjPQ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 09 abr. 2021.

YU, Jie; LU, Yin. Artemia spp. model-a well-established method for rapidly assessing the toxicity on an environmental perspective. **Medical Research Archives**, v. 6, n. 2, 2018. Disponível:<https://es-med.org/MRA/mra/article/view/1700> Acesso em 07 fev. 2022.

ZAGATTO, Pedro A. Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações. **IV Seminário sobre Ecotoxicologia.** 2015. Disponível em: <encurtador.com.br/zKOX3>. Acesso em 20 nov. 2021.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **RP 5A3 - Recommended Practice on Thread Compounds for Casing, Tubing, Line Pipe, and Drill Stem Elements.** 2015. Disponível em: <https://ewb.ihs.com/#/document/YBRVLFAAAAAAAAAA?qid=637092743401420142&sr=re-1-10&kbid=4%7C20027&docid=943279574#had79a1e8>. Acesso em: 03 jun. 2020.

BÁRBARA, Viníciu Fagundes et al. Avaliação química, ecotoxicológica e genotoxicológica de águas de cavas de mineração a céu aberto**. Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 131–142, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v24n1/1809-4457-esa-s1413-41522019176320.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2020.

BÖCK, Carina Stefoni. **Planos de Monitoramento Ambiental na Exploração e Produção de Petróleo Offshore: Conceitos e Diretrizes Gerais e uma Análise do Caso Bijupirá.** Rio de Janeiro. 2007. Disponível em: <https://royaltiesdopetroleo.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2017/05/Monografia_Carina.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2020.

BUSS, Daniel Forsin; BAPTISTA, Darcílio Fernandes; NESSIMIAN, Jorge Luiz. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 2, p. 465–473, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2003000200013&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 01 jun. 2020.

BUSS, Daniel Forsin; OLIVEIRA, Renata; BAPTISTA, Darcílio Fernandes. **Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais.** 2008. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/27381/2/danielf_buss_etal_IOC_2008.pdf> Acesso em: 03 jun. 2020.

CASTIÑEIRAS, T. H.; GORETTA, E. A.; MERLIAHMAD, M. *Sharing Experiences of the use of "Dope-Free" Connections*. Indonesian Petroleum Association. 2013. Disponível em: <http://archives.datapages.com/data/ipa_pdf/084/084001/pdfs/IPA13-E-145.htm>. Acesso em: 28 out. 2019.

CÉSAR, Augusto; SILVA, Sérgio Luiz R. da; SANTOS, Aldo Ramos. **Testes de Toxicidade Aquática no Controle da Poluição.** Santos, São Paulo. 1997. Disponível em: <https://www.unisanta.br/arquivos/apostilaecotox.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2020.

KHAN, Fahad. Take home lead exposure in children of oil field workers. **The Journal of the Oklahoma State Medical Association**, v. 104, n. 6, p. 252-253, 2011. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/15f7/47ac94346e6be946e35ff983f2c429e53285.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2020.

MATTOS, Diogo Louro Alves; CAMPOS, Igor Madureira. **Riscos da Instabilidade do Poço Durante a Perfuração Offshore**. 2017. Niterói. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/5475/1/Diogo%20Louro%20e%20Igor%20Madureira.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2020.

MAYBERRY, M. G. Development of an API Thread Compound. **American Petroleum Institute.** New York, 1951. Disponível em: <https://www.onepetro.org/conference-paper/API-51-205>. Acesso em: 05 jun. 2020.

MEIRELLES, Luiz Antonio Meirelles; VEIGA, Marcelo Motta; DUARTE, Francisco. A contaminação por agrotóxicos e o uso de EPI: análise de aspectos legais e de projeto. **Laboreal**, 12(2), 75-82. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-52372016000200006>. Acesso em: 27 jun. 2020.

OLIVEIRA, Bruna Lobo de. Planos de Contingência para Vazamentos de Óleo no Mar: **Uma Análise Comparativa entre Brasil, EUA E Noruega.** Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10029859.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2020.

PEREIRA, Andreia Filipa Coutinho. **Problemas de estabilização de poços petrolíferos: as questões críticas no onshore e no offshore**. Lisboa, 2014. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244997255288/Problemas%20de%20estabilizacao%20de%20pocos%20petroliferos.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2020.

PIRES, Oscar César et al. Análise preliminar da toxicidade aguda e dose letal mediana (DL50) comparativa entre os frutos de Pimenta-do-Reino do Brasil (Schinus terebinthifolius Raddi) e Pimenta do Reino (Piper nigrum L.). **Acta Farmacêutica Bonaerense**, v. 23, n. 2, p. 176-82, 2004. Disponível em: <http://www.latamjpharm.org/trabajos/23/2/LAJOP_23_2_1_10_245QQHC1QV.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2020.

RODRIGUES, Deborah Oliveira; SILVA, Sergio Luiz Rodrigues da; DA SILVA, Maria do Socorro Rocha da. Avaliação Ecolocxicológica Prelim inar das äguas das Bacias Hidrográficas dos rios Tarumã, São Raimundo e Educandos. **Acta Amazônica**, v. 39 n. 4. Manaus. 2009. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672009000400021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 28 mai. 2020.

SANTOS, G.S.D; VILAR, Mauro Cesar Palmeira; AZEVEDO, Sandra Maria Feliciano de Oliveira. Acute toxicity of neurotoxin-producing Raphidiopsis (Cylindrospermopsis) raciborskii ITEP-A1 (Cyanobacteria) on the neotropical cladoceran Macrothrix spinosa. **Ecotoxicology Environmental Contamination**, v. 15, n. 1, 2020, 1-8 doi: 10.5132/eec.2020.01.01. 2020. Disponível em: <https://ecotoxbrasil.org.br/upload/da20009bfb713e330b67f49463502a76-001-15225-1-8.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2020.

SANTOS, Jaíne Lima dos; MONTEIRO, Erly dos Santos; GUIMARÃES, Yuri. Revestimento e Cimentação de Poços de Petróleo. **Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** 2016. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/TRABALHO_EV052_MD4_SA3_ID306_15062016005649.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2020.

SILVA, Daniel Clemente Vieira Rêgo da; POMPÊO, Marcelo; PAIVA, Teresa Cristina Brazil de. **A ecotoxicologia no contexto atual no Brasil.** 2015. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._22_Ecotoxicologia.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2020.

VALADARES, Marize C. Avaliação de Toxicidade Aguda: Estratégias após a “Era do Teste DL50“. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, 93-98, 2006. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/REF/article/view/2083/2025>. Acesso em: 04 jun. 2020.