

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

CLÁUSULAS DE INVESTIMENTO EM PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA



PLANO DE TRABALHO DE PROJETO OU PROGRAMA

PTR – PARTE A

EMPRESA PETROLÍFERA QUE ENCAMINHA O PTR:

KAROON PETRÓLEO E GÁS LTDA

1 - TÍTULO

Combinação de Medidas Remotas e in-situ para Caracterização Espectral e Analítica de Água Produzida

2 - OBJETIVO

O objetivo principal do projeto proposto é desenvolver um método inovador de monitoramento e análise de feições resultantes da interação da água produzida com o ambiente marinho, utilizando medidas remotas e *in situ*. Além disso, tem-se como objetivo desenvolver, aplicar e avaliar a eficiência de um novo aditivo que possa minimizar a formação de iridescência.

Os objetivos específicos são:

- (i) Classificação das substâncias encontradas na região de interesse por meio de análises laboratoriais e técnicas apropriadas de sensoriamento remoto (ex. LIF LiDAR Hiperspectral) aplicadas a partir de uma embarcação.
- (ii) Caracterizar a água produzida, água marinha, petróleo e aditivos químicos utilizados no processo de tratamento da água na produção do óleo, através de técnicas analíticas de análise química.
- (iii) Avaliar a formação da iridescência a partir dos estudos de interação física, química e biológica, entre os constituintes da água produzida e da biota marinha.
- (iv) Elucidar o mecanismo de formação de sistemas coloidais responsáveis pela formação da iridescência.
- (v) Mapeamento das substâncias (classificação e concentração) ao longo da feição resultante da interação de água produzida com o oceano.

- (vi) Validação das medidas de sensoriamento remoto a partir das análises em laboratório de amostras coletadas *in situ*.
- (vii) Caracterização hidrodinâmica da área de interesse, com o objetivo de entender os limites de alcance da pluma de água produzida.
- (viii) Avaliação do raio de limite da zona de mistura mais adequado com base nas condições hidrodinâmicas locais, utilizando modelos oceânicos de deriva, nas diferentes sazonalidades.
- (ix) Desenvolvimento de uma metodologia de monitoramento que possa ser aplicada para demonstrar as diferenças e especificidades das zonas de mistura aplicando técnicas de Inteligência Artificial.
- (x) Avaliação do uso de aditivos químicos comerciais no tratamento da água produzida.
- (xi) Desenvolvimento de um aditivo químico que minimize ou evite a formação de coloides responsáveis pela iridescência.

Desejamos avançar do estágio inicial de concepção e/ou formulação da tecnologia (TRL 2) para um estágio onde um modelo demonstra o desempenho do elemento em um ambiente operacional específico (TRL 7).

3 – RESUMO

Através de um TAC (Termos de Ajuste de Conduta), o IBAMA realiza imageamentos periódicos utilizando uma plataforma aerotransportada de multisensores. Tais imagens revelam feições derivadas de água produzida descartada no ambiente marinho.

Mesmo com essa ampla gama de sensores, o resultado, em forma de relatório, não demonstra com precisão as substâncias encontradas na feição imageada na superfície do mar, de modo a distinguir os componentes da água produzida. Isso se deve

principalmente ao número baixo de canais, apenas 16, presente no sensor LIF-LiDAR (Laser Induced Fluorescence Light Detection and Ranging) instalado na aeronave, dentre outros. Como resultado, a aparência semelhante a óleo (efeito iridescência) é considerada substância oleosa pelo IBAMA, resultando em autos de constatação.

Sendo assim, considera-se que o imageamento com os sensores aerotransportados é insuficiente para a constatação de substâncias oleosas na água produzida descartada. A realização de medições *in situ* da área de interesse, bem como dados assessórios, tais como a análise das condições oceanográficas reinantes no momento do imageamento a partir da aeronave, apesar de relevantes, não são considerados para a interpretação dos dados que geram o relatório final. Da mesma forma, dados analíticos da água produzida e seus componentes químicos deveriam ser considerados para afirmar a existência de óleo na água descartada.

O projeto proposto é inovador porque implica no uso de um sensor LIF-LiDAR hiperespectral com 512 canais, ou seja, com uma resolução espectral bem maior do que atualmente está sendo usado no Brasil, permitindo assim uma classificação detalhada e confiável das substâncias da feição imageada. Atualmente só existe um fabricante deste tipo de sensor no mundo e nenhuma solução comercial baseada neste sensor. Os autores deste projeto não estão cientes de outros projetos de P&D com esse propósito.

As medições feitas com este novo sensor serão validadas por meio de amostragem clássica de água *in-situ*, que terá sua coleta realizada por um drone embarcado, possibilitando a cobertura de múltiplos pontos de interesse. O desenvolvimento tecnológico incremental consiste em possibilitar a classificação remota *in situ*.

Para o sensor HLIF-LiDAR conseguir identificar os constituintes presentes na água produzida, se faz necessário um estudo de laboratório, onde serão caracterizados óleo, água produzida, água marinha, aditivos químicos usados no tratamento da água produzida e na produção de óleo. Além disso, os estudos em laboratórios irão elucidar a formação da iridescência, constantes na feição imageada, em função do estudo das interações físicas, químicas e biológicas, que ocorrem entre as espécies que compõem, principalmente, a água produzida pós-tratamento e a biota marinha. O surgimento de feições oleosas na superfície da água marinha, quase sempre, aparece devido a flocculação de matérias orgânicas solúveis no meio aquático, o que sugere a não existência de óleo como contaminação no meio marinho.

Paralelo ao trabalho investigativo da formação de flocos realizados em laboratório, este projeto visa avaliar aditivos químicos, comerciais, e o desenvolvimento de aditivos sintéticos que possam tratar a água produzida com eficiência, de baixo custo e que diminuam, ou até eliminem, a formação de flocos ao entrar em contato com água marinha, o que garantiria a integridade física da água.

4 - JUSTIFICATIVA

A produção de petróleo gera grandes volumes de água, chamada de água de formação abaixo da superfície e água produzida na superfície. Essa água contém substâncias nocivas ao ambiente, sendo considerada um subproduto indesejável da indústria petrolífera. Por conta disso, o seu descarte é realizado após o seu tratamento. O método de tratamento depende da caracterização da água e envolve processos físicos, químicos e, menos comumente, biológicos, de modo que o TOG esteja diariamente analisado e enquadrado segundo a CONAMA 393/2007 (29 ppm / mês e 42 ppm / dia) para o descarte.

Após o seu tratamento, a água produzida pode ser reutilizada, reinjetada ou descartada, que pode ser feito diretamente no mar quando a produção é offshore. Em alguns casos, poucos dias após o descarte da água, pode surgir uma distorção visual na superfície da água do mar devido a iridescência, detectada por sistemas aerotransportados e por imagens de satélites e interpretada como uma feição oleosa. Estas imagens sugerem a existência de óleo no local do descarte.

O aparecimento dessas alterações visuais na superfície da água do mar pode estar associado a várias interações físicas e químicas, que podem resultar na floculação de matérias orgânicas solúveis presentes na água marinha. A partir de um breve relato da literatura, levanta-se a hipótese que as macromoléculas solúveis, que residem na água produzida pós-tratamento, possibilitam a ocorrência de floculação nas seguintes situações:

- 1) Interação com água do mar rica em microorganismos, devido a eventual surgimento de algas no local;

2) Interação material rico em microorganismos, microplásticos dispersos, resultado de possível poluição.

3) Interação com partículas suspensas (mesmo inorgânicas) presentes na água do mar, pequenas a ponto de não afundar, estando estabilizadas pelo movimento browniano, representado pelas correntes marinhas.

Após esse contexto, e em face das limitações atuais dos métodos utilizados, como mencionado anteriormente, fica evidente a necessidade de um estudo investigativo da problemática, uma vez que trará uma nova metodologia de medição para melhor elucidar o aparecimento dessa distorção visual.

A área de estudo está localizada na FPSO Cidade de Itajaí em uma região próxima ao eixo da Corrente do Brasil (CB), o que implica que pode estar sujeito a correntes de elevada magnitude. Em condições de tempo bom (Figura 1), quando a CB está escoando para sudoeste de maneira comportada, as correntes ao redor da FPSO podem atingir valores superiores a 1,3 nós (0,65 m/s), significando que qualquer objeto lançado a partir da FPSO seria rapidamente deslocado para longe da estrutura. Além disso, devido à elevada variabilidade da CB na região da Bacia de Santos, com recorrentes formações de vórtices e meandramentos (Figura 2), além de mudanças no escoamento decorrentes da passagem de frentes frias (Figura 3), o padrão de transporte no entorno do FPSO pode ser de difícil previsão devido à limitação dos modelos numéricos oceânicos em reproduzir essas variabilidades. Com isso, não são incomuns situações em que uma substância lançada a partir da FPSO tenha direção de transporte para o norte ou nordeste, contrariando a direção predominante da CB para o sudoeste. Também não se pode descartar a possibilidade que manchas órfãs de outros empreendimentos ou embarcações offshore venham cruzar a área de influência da FPSO Cidade de Itajaí.

A aplicação de estudos de deriva oceânica pode ser um forte aliado na compreensão dos possíveis cenários de deslocamento e decaimento de efluentes gerados na produção de petróleo, onde estados de mar mais intensos estão presentes. Tais estudos podem elucidar os diversos fenômenos que influenciam o decaimento de substâncias na região de abrangência dessas empresas, de modo a prever cenários de deriva a partir dos

aspectos climatológicos locais, bem como o ressurgimento de outras substâncias, que são passíveis de imageamento também.

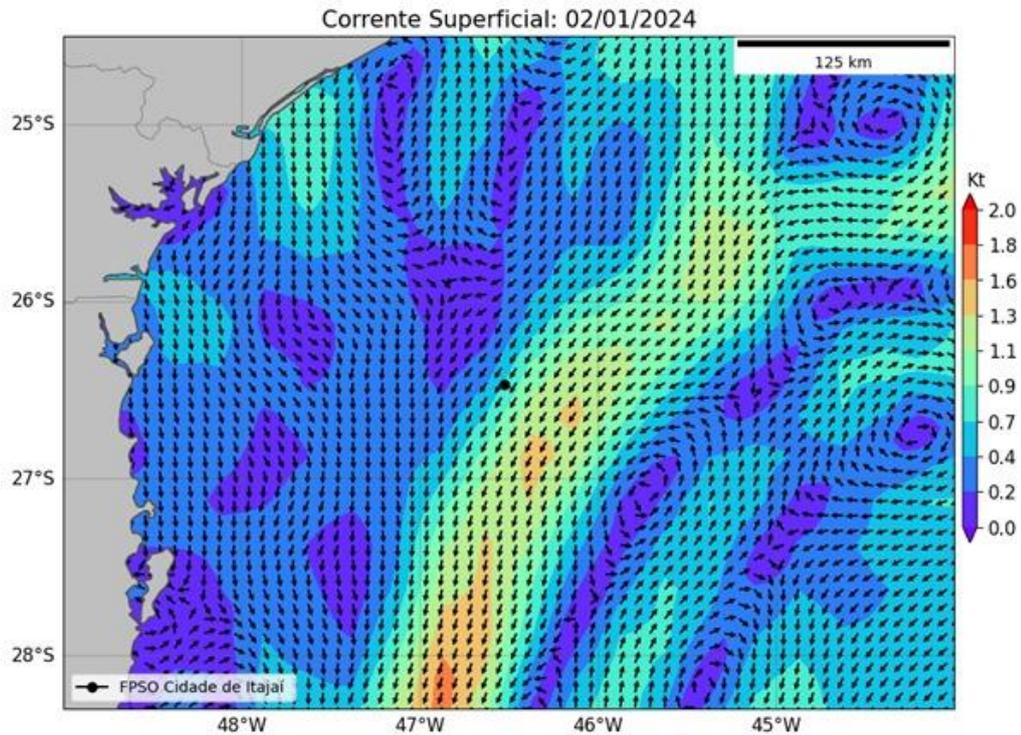


Figura 1. Padrão de tempo bom da corrente oceânica superficial na região da FPSO Cidade de Itajaí, ou seja, fluindo para sudoeste.

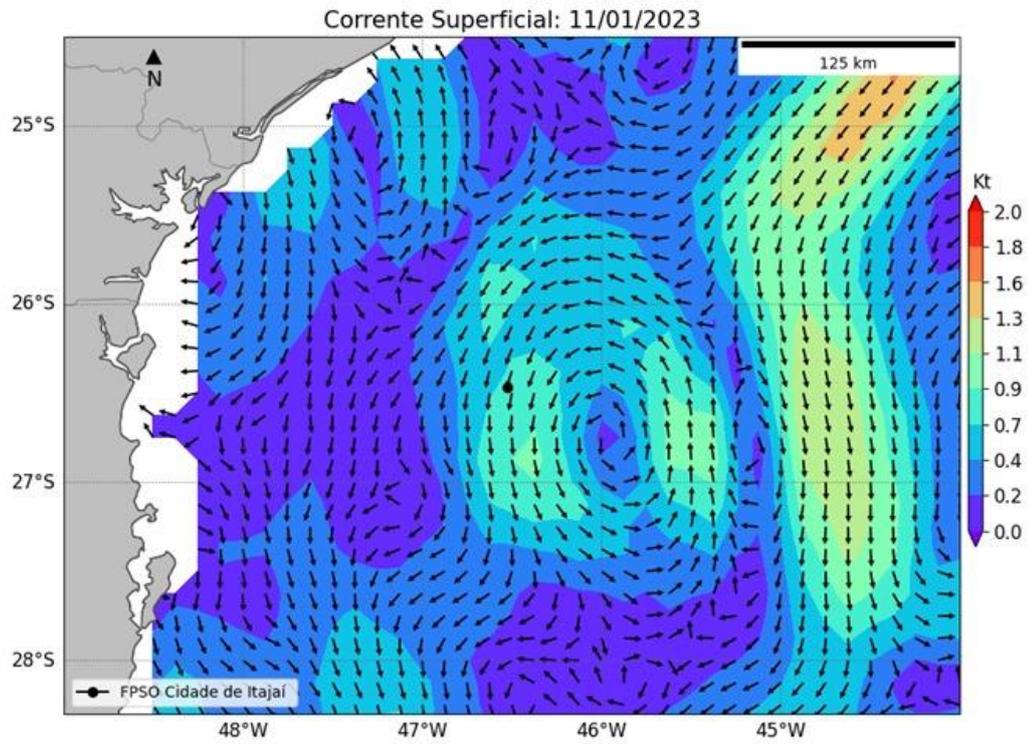


Figura 2. Formação de vórtice oceânico na região da FPSO Cidade de Itajaí.

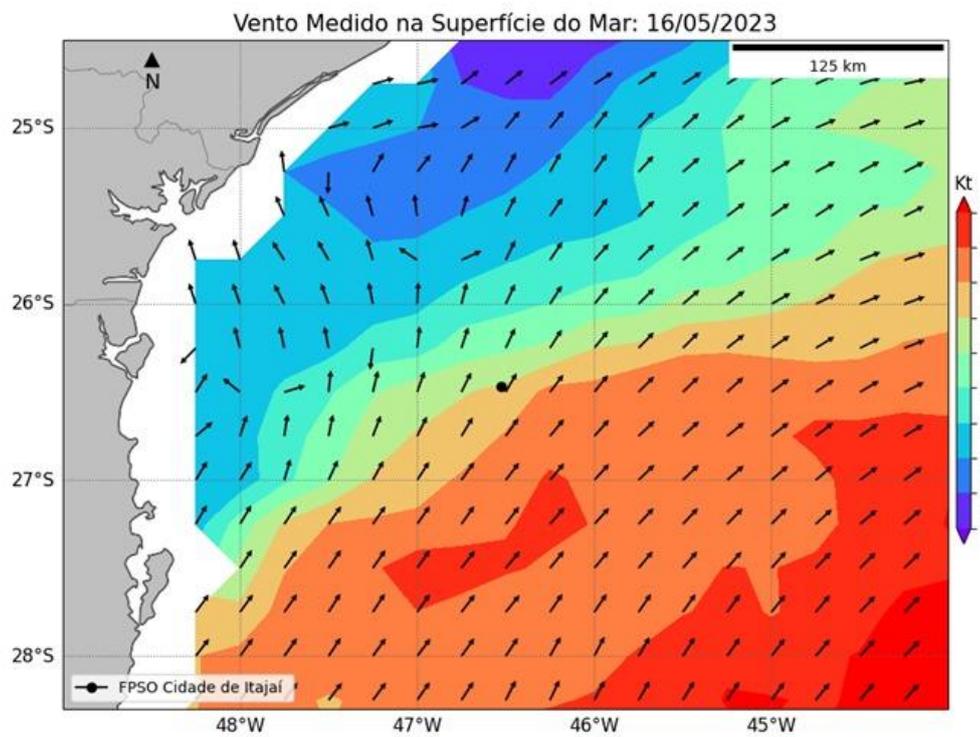


Figura 3. Passagem de frente fria na região da FPSO Cidade de Itajaí com padrão de ventos para nordeste.

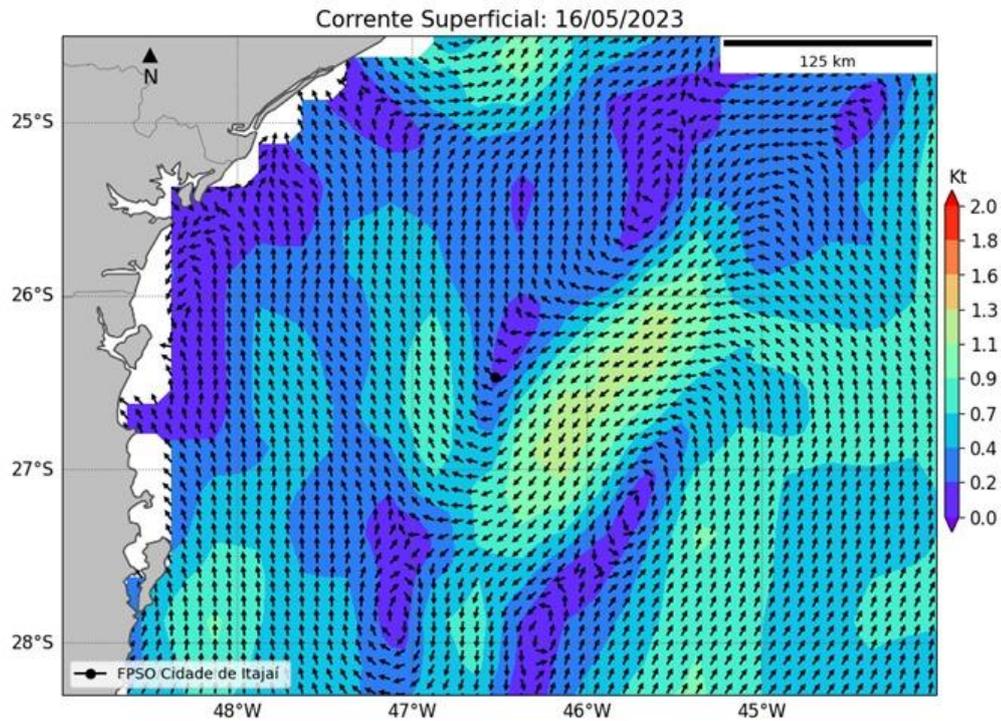


Figura 4. Correntes oceânicas superficiais na FPSO Cidade de Itajaí durante passagem de frente fria.

O IBAMA realiza imageamentos periódicos utilizando uma plataforma aerotransportada de multisensores. Tais imagens revelam feições derivadas de água produzida descartada no ambiente marinho. No entanto, apesar da variedade de sensores usados, não se consegue distinguir com precisão substâncias na superfície do oceano, como água produzida e substância oleosa. Isso leva o IBAMA a interpretar equivocadamente aparências semelhantes a óleo, resultando em autos de constatação. Por esse motivo, está sendo proposta uma metodologia que permita a análise dos componentes de feições geradas por descarte de água produzida no meio marinho, o que seria de grande valia para a indústria.

Em termos tecnológicos, o projeto pode resultar no desenvolvimento de novas estratégias de tratamento da água produzida, em especial com a utilização de novos aditivos químicos, que minimizem os efeitos adversos sobre a água marinha. Além disso será desenvolvido um novo método de monitoramento remoto a partir da utilização de um sensor LIF-LiDAR com 512 canais e um radiômetro, permitindo uma classificação mais

detalhada e confiável de substâncias em uma área de interesse sem necessidade de análise laboratorial posterior.

5 - MÉTODO DE EXECUÇÃO

A metodologia que será aplicada apresentará duas fases, na primeira fase serão realizadas medidas e coletas por navio, drone e satélite. Já na segunda fase, serão realizadas as caracterizações dos fluidos envolvidos no processo de tratamento e descarte e suas interações em laboratório, assim que desenvolvidas novas tecnologias para o tratamento da água produzida.

As atividades de pesquisa a serem desenvolvidas são:

Fase 1:

1. Coleta de dados a partir de navio e drone.

Fase 2:

2. Análises laboratoriais.
3. Modelagem numérica da propagação da água de produção, visando estabelecer uma nova zona de mistura para o local, inclusive com aplicação de técnicas de IA, a partir do padrão hidrodinâmico da pluma.
4. Avaliação de novos aditivos químicos que possam tratar água produzida e mantenha a superfície da água marinha preservada após o descarte da água tratada.

5.1.1. Coletas e medidas por navio e drone

Esta atividade será coordenada e executada pela OceanPact, baseado na metodologia desenvolvida em conjunto com a UFRN no início do projeto.

As coletas de amostras de água serão realizadas a partir de um navio utilizando o drone DJI Matrice 350 RTK que irá coletar amostras anteriormente a passagem do navio pelo trajeto de forma automatizada usando *way-points*. Os *way-points* serão previamente determinados a partir das imagens visuais e térmicas captadas pelo próprio drone. Além disso, algumas medidas de amostragem *in situ* também serão feitas na proa do navio durante sua passagem para serem comparadas com as amostras coletadas por drone. Em paralelo, as medidas de sensoriamento remoto serão realizadas a partir de dois sensores: um LIF-LiDAR de 512 canais e um espectrorradiômetro manual ASD FieldSpec HandHeld 2 PRO. A Figura 5 mostra um esboço esquemático da campanha de campo.

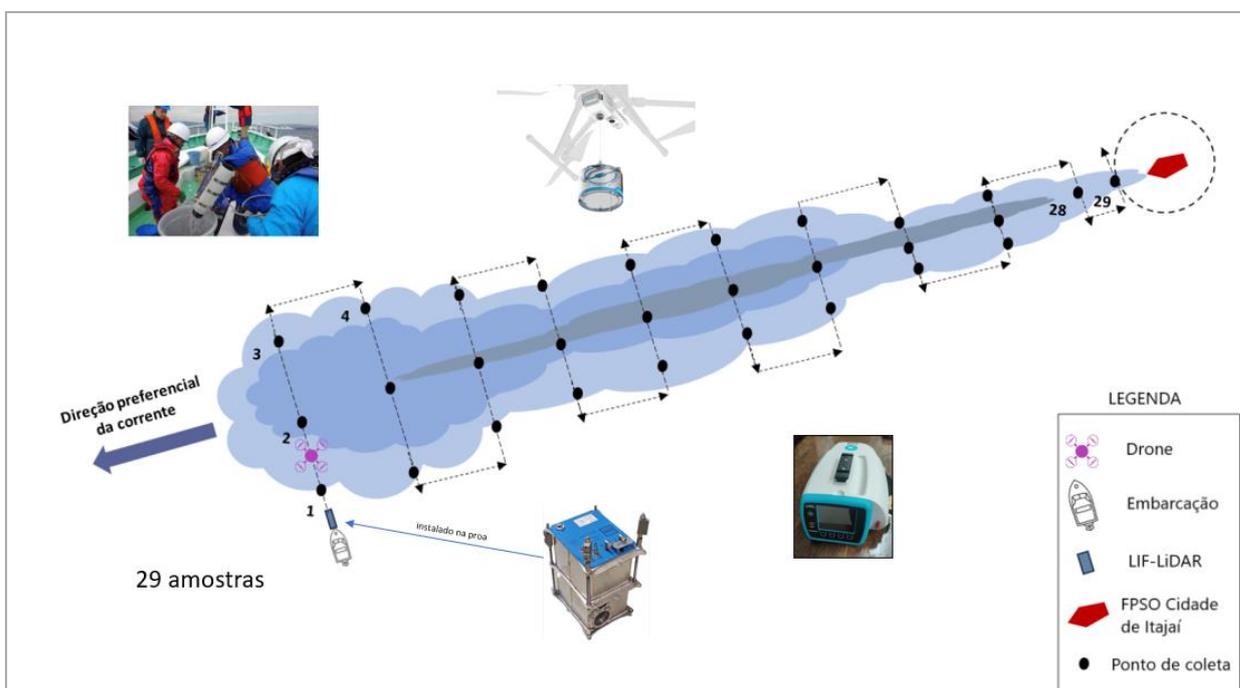


Figura 5. Esboço da campanha de campo para coleta de amostras de água e sensoriamento remoto *in situ*. Distância total de amostragem – 10 Km a partir da FPSO CDI (intervalos de 1 Km), incluindo o raio da Zona de Mistura de 500 m.

O drone DJI Matrice 350 é um equipamento de última geração e apresenta alta precisão na operação. Ele garante uma localização precisa das áreas de interesse no oceano, facilitando a identificação e coleta de amostras de água em locais específicos. A capacidade de voo prolongada de até 55 minutos por carga de bateria permite cobrir áreas extensas no oceano sem interrupções frequentes, otimizando o tempo de coleta e maximizando a eficiência das operações.

O drone é compatível com uma variedade de câmeras e sensores, que podem ser utilizados para capturar imagens de alta resolução da superfície oceânica e auxiliar na identificação de áreas de interesse para coleta de amostras. Em resumo, o DJI Matrice 350 é uma ferramenta versátil e robusta para coleta de amostras de água no oceano, fornecendo precisão, eficiência e confiabilidade necessárias para operações bem-sucedidas em ambientes marinhos desafiadores.

Esse drone será utilizado com o auxílio de uma câmera térmica para identificação do local de amostragem e para coletar as amostras de água subsequentemente (Figura 5). As amostras serão coletadas sempre a frente da embarcação de modo que o trajeto da embarcação não interfira nas condições originais do ambiente coletado.

5.1.2. Medidas de sensoriamento remoto

As atividades a seguir serão coordenadas e executadas pela equipe OceanPact.

As medidas de sensoriamento remoto serão realizadas a partir da embarcação, usando dois sensores: um LIF-LiDAR de 512 canais e um espectrorradiômetro manual ASD FieldSpec HandHeld 2 PRO. Apesar de fazerem medidas semelhantes, o uso combinado do LIF-LiDAR (Laser-Induced Fluorescence Light Detection and Ranging) e do radiômetro manual ASD FieldSpec HandHeld 2 PRO oferece uma abordagem mais abrangente e detalhada para estudos ambientais e monitoramento.

O LIF-LiDAR é uma ferramenta poderosa para medições remotas de alta resolução, capaz de mapear grandes áreas e identificar compostos específicos com base em suas propriedades de fluorescência. Ele fornece uma visão geral do ambiente em termos de composição química e biológica, permitindo análises detalhadas sem a necessidade de acesso direto ao local. Além disso, o LIF-LiDAR é capaz de realizar medições remotas pontuais de forma precisa e em alta resolução, permitindo o mapeamento detalhado de

parâmetros como fluorescência e propriedades da superfície da água. O LIF-LiDAR é eficaz para o monitoramento de grandes áreas geográficas devido à sua capacidade de varredura rápida e de longo alcance.

Por outro lado, o radiômetro manual ASD FieldSpec HandHeld 2 PRO oferece medições diretas e pontuais em locais específicos. Ele é usado para coletar dados detalhados sobre a radiação eletromagnética em pontos de interesse, fornecendo informações imediatas sobre as condições locais. O ASD FieldSpec é conhecido por sua precisão e flexibilidade, podendo ser usado em diversas condições e locais. O radiômetro manual pode ser usado para validar as medições do LIF-LiDAR, garantindo a precisão e a confiabilidade dos dados remotos. As medições pontuais do radiômetro fornecem informações detalhadas em locais específicos que podem ajudar a contextualizar e interpretar os dados do LIF-LiDAR em um nível mais localizado.

Essa abordagem combinada permite uma análise mais abrangente e confiável do ambiente, fornecendo informações valiosas para estudos científicos e monitoramento ambiental. A validação cruzada dos dados entre esses dois sensores ajuda a mitigar possíveis erros e fornece uma visão mais completa das condições ambientais em diferentes escalas espaciais e temporais. A seguir serão descritos com mais detalhes esses dois equipamentos.

5.1.2.1. Medidas com sensor LIF-LiDAR de 512 canais

O SEA OWL é um equipamento de sensoriamento remoto baseado na tecnologia HLIF LiDAR (Light Detection and Ranging) (Figura 6). Este sensor oferece soluções integradas de hardware e software para detecção em tempo real, verificação e caracterização de óleo na água a partir de uma plataforma ou embarcação em movimento - Oil-in-Water Locator (OWL), com base no método de fluorescência induzida por laser hiperspectral (HLIF). O sensor SEA OWL pode detectar e classificar óleo na superfície da água e na coluna de água, até partículas por milhão (ppm). Como o óleo é intrinsecamente fluorescente e emite luz em uma faixa espectral específica quando iluminado por luz UV, é possível distinguir o óleo de outras substâncias na água. Usando a curva hiperspectral da luz emitida, é possível "identificar" a amostra e, assim, obter uma identificação precisa do tipo de óleo (óleo cru, óleo bunker, óleo hidráulico etc.) em tempo real conforme Figura

7. O SEA OWL é um sensor HLIF LiDAR compacto com peso de 49 kg, incluindo o módulo de resfriamento, com dimensões de 64 x 37 x 46 cm e com alcance de medição de 30-50 metros. O detector é resistente às condições meteoceanográficas adversas e vem com um sistema de resfriamento para operar em condições de alta temperatura. O sensor SEA OWL é montado como uma instalação fixa, podendo ser na lateral ou proa de uma embarcação, com linha de visão direta (sem obstruções) para a água.

O sistema SEA OWL será instalado em uma embarcação para a caracterização e quantificação de óleo, efluentes e qualidade da água. Os sensores realizarão coleta das informações remotas respeitando o cronograma de coleta do projeto. Ao mesmo tempo, um sensor infravermelho e um drone serão usados para fornecer dados adicionais (por exemplo, radar, espectro de RF, dados radiométricos hiperespectrais nas faixas do visível e infravermelho próximo), que também serão incluídos no processo de análise.

OWL™ technology is patented, under U.S. Patent 0041882.

Durante a fase de coleta de dados e de forma sazonal, serão adquiridas imagens SAR (synthetic aperture radar) para identificação e dimensionamento da feição de água produzida, bem como comparação com os outros sensores.

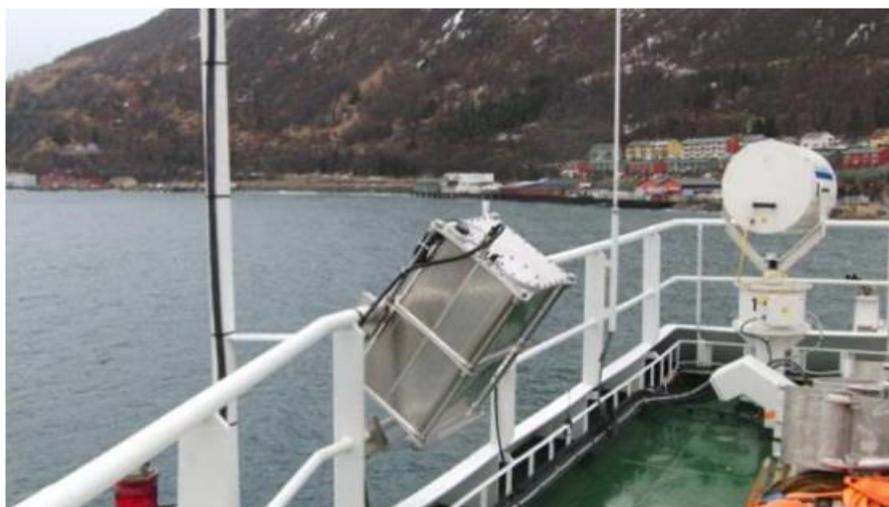


Figura 6. LIF-LiDAR – SEA OWL - instalado em uma embarcação.

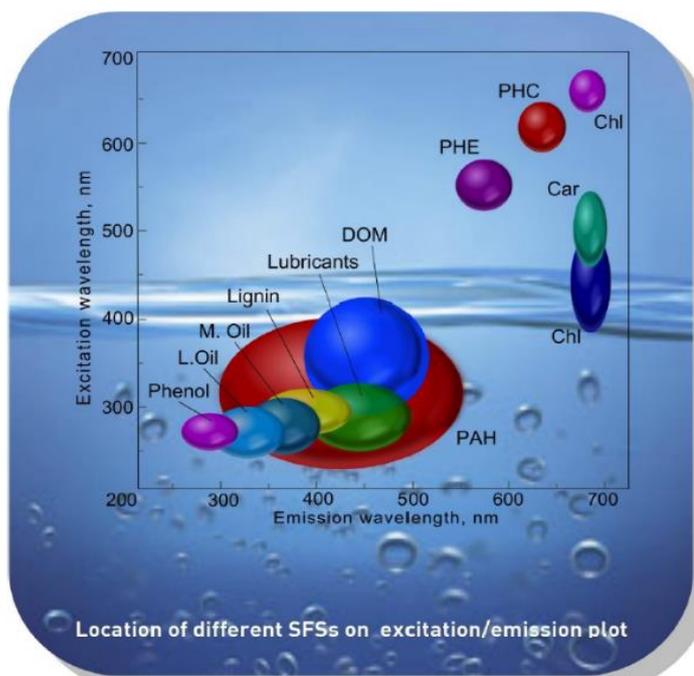


Figura 7. Curva hiperespectral identificando os diferentes tipos de óleo.

5.1.2.2. Medidas com espectrorradiômetro

Serão realizadas medidas utilizando o espectrorradiômetro portátil ASD FieldSpec HandHeld 2 PRO. Enquanto um LIDAR (Laser-Induced Fluorescence) com 512 canais pode fornecer informações valiosas sobre componentes orgânicos, incorporar medidas obtidas com um espectrorradiômetro pode oferecer outras vantagens. O instrumento HandHeld 2 PRO adquire medidas de radiância emergente da superfície do mar na faixa de 325 a 1075 nm com resolução espectral de <3 nm em 700 nm, produzindo espectros de alta relação sinal-ruído em menos de um segundo. Este sensor fornece espectros de radiância e reflectância extremamente precisos e rapidamente derivados em uma variedade de configurações.

O uso de um espectrorradiômetro portátil pode complementar as informações detectadas pelo sensor LIF-LiDAR ao analisar o comportamento espectral da superfície do mar amostrada, em diferentes comprimentos de onda. Assim é possível analisar picos de absorção e reflexão da luz solar associadas a interações desta radiação eletromagnética com constituintes opticamente ativos encontrados na água do mar, como a clorofila-*a*

(pigmento presente no fitoplâncton marinho), matéria orgânica dissolvida colorida (CDOM, do inglês *Coloured Dissolved Organic Matter*), e material particulado. Em resumo, enquanto um LIF-LiDAR com 512 canais é capaz de detectar componentes orgânicos específicos, a adição de um espectrorradiômetro portátil pode oferecer informações complementares, maior resolução espectral, flexibilidade e capacidades de validação, melhorando assim a qualidade e utilidade do banco de dados de componentes orgânicos conhecidos.



Figura 8. Espectrorradiômetro portátil ASD FieldSpec HandHeld 2 PRO.

5.2.1. Análises físicas, químicas e biológicas em laboratório

Essa atividade será compartilhada entre as equipes da UFRN e OceanPact. No entanto a coordenação será conduzida pela UFRN.

Uma vez em terra, as amostras coletadas passarão por uma análise detalhada em um laboratório certificado, para identificar e quantificar as substâncias presentes. Com base nos dados obtidos da análise laboratorial, será criado um catálogo das substâncias encontradas. Esse catálogo servirá como um registro abrangente dos contaminantes presentes nas amostras de água. Além do projeto atual, esse catálogo pode ajudar a identificar a fonte das substâncias encontradas por meio de padrões de composição semelhantes.

A etapa final inclui a validação das medidas remotas em comparação com os resultados laboratoriais. Esta etapa é crucial para garantir que as técnicas de sensoriamento remoto sejam confiáveis e possam ser usadas para monitorar com precisão a qualidade da água.

5.2.2. Caracterização de amostras de óleo

As atividades a seguir serão coordenadas e executadas pela equipe UFRN.

A elucidação do tipo de petróleo é importante para poder explicar os fenômenos envolvidos desta substância com outros meios, principalmente o aquoso. Amostras de óleo produzidas pela FPSO serão caracterizadas quanto à sua densidade (grau API), parâmetros reológicos, viscosidade, teor de água e sedimentos (BSW), composição química através de técnicas de cromatografia líquida e outras análises que forem pertinentes. As análises serão realizadas no Laboratório de Tecnologia de Tensoativos (LTT) e na Central Analítica do Instituto de Química da universidade (IQ-UFRN).

5.2.3. Caracterização da água produzida (pré e pós-tratamento) e da água marinha

As atividades a seguir serão coordenadas e executadas pela equipe UFRN.

A água produzida e a água marinha serão caracterizadas quanto à sua composição química e física. Na água produzida, os compostos inorgânicos comuns incluem minerais dissolvidos como cátions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Fe^{2+}) e ânions (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-), com predominância de Na^+ e Cl^- . A salinidade varia amplamente, podendo ser inferior à água potável ou até mesmo superior à água do mar. A água produzida também pode conter traços de metais como cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, prata e zinco, além de materiais radioativos como rádio. Para identificar estes compostos inorgânicos será utilizado a técnica de ICP-OM (espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado).

Os compostos orgânicos mais comuns na água produzida incluem alifáticos, aromáticos, polares e ácidos graxos, com destaque para os alifáticos e aromáticos. Os hidrocarbonetos são insolúveis na água produzida, predominando em forma de gotas com diâmetros acima de 100 μm , como aromáticos, polinucleares, policiclo-parafinas e

parafinas pesadas. Frações do óleo, como BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), NFD e fenóis, podem ser solúveis em água, dificultando sua remoção por métodos convencionais. A identificação dos orgânicos em água será através do Analisador de Óleo em Água (ERACHECK ECO), que se baseia na técnica de infra-vermelho e entrega valores de TOG (Total de Óleo e Graxa) e TPH (Total de Hidrocarboneto de Petróleo).

Em contraste, a água marinha é caracterizada por uma grande diversidade de matéria orgânica e biológica, incluindo nutrientes, organismos vivos, coloides e materiais particulados como areia, argila e organismos marinhos. Uma vez que a maioria destes compostos são coloridos e absorvem radiação na faixa do UV-visível, a técnica de espectroscopia de ultravioleta consegue identificar tais substâncias.

Além das análises básicas citadas, outras análises de características físico-químicas e biológicas necessárias serão conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Tensoativos (LTT) e no Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduos (NUPPRAR) da UFRN.

5.2.4. Avaliação da interação entre os corpos de água ao longo do tempo.

As atividades a seguir serão coordenadas e executadas pela equipe UFRN.

As amostras serão colocadas em contato e serão realizadas caracterizações físico-químicas e biológica em condições estáticas (em bancada) e dinâmicas (aparato com turbulência para simular correntes marinhas) a fim de compreender o comportamento da mistura, identificando a origem de formação de flocos (ou demais coloides) responsáveis pela iridescência (aparência oleosa detectada na superfície do mar) e determinar as condições físicas (simulação de corrente marinha e temperatura), químicas (tipos de adsorção e de interação química responsáveis pela formação do floco) e biológica (comportamento da biota marinha na presença aditivos químicos usados no tratamento de água produzida). A técnica de turbidimetria (Figura 9a), que se baseia no espalhamento de luz, será utilizada para identificar a formação e crescimento do floco, enquanto a técnica de ultravioleta (Figura 9b) pode exercer a mesma função e quantificar os flocos formados. A técnica de Potencial Zeta (Figura 9c) identifica as cargas presentes na superfície das partículas individualizadas, o que facilita a elucidação dos mecanismos de

formação dos flocos, que acontece devido as interações químicas. Esse entendimento é importante para criar mecanismos químicos capazes de evitar a formação dos flocos.



Figura 9a – Turbidímetro

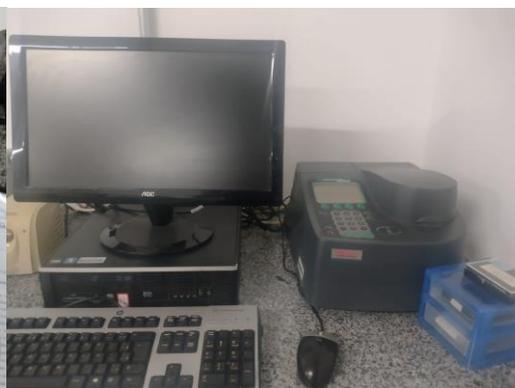


Figura 9b – Ultravioleta



Figura 9c – Potencial Zeta

5.3.1. Modelagem numérica da propagação da água de produção

As atividades a seguir serão coordenadas e executadas pela equipe OceanPact.

A modelagem será desenvolvida utilizando o modelo de Contingência e Resposta a Derramamentos de Petróleo (OSCAR), que foi desenvolvido pela Fundação para Pesquisa Industrial e Tecnologia (SINTEF) como um sistema acoplado de modelos e bancos de dados capaz de modelar tanto derramamentos de óleo quanto esforços de recuperação. Os processos e modelos no OSCAR incluem blowouts submarinos, intemperismo do petróleo baseado em modelos calibrados a partir de experimentos de laboratório, além de interações óleo-sedimento, interações óleo-linha de costa e biodegradação de gotículas de óleo, óleo dissolvido e óleo em sedimentos e na linha de costa. O óleo em forma de

gotículas e o óleo dissolvido e bolhas de gás são representados como "spillets", que são transportados com um método de caminhada aleatória usando difusividades horizontal e vertical para resolver a equação de advecção-difusão. O OSCAR é continuamente atualizado e, para este trabalho, será utilizada a versão mais recente, OSCAR 10.0. Nessa fase serão realizadas a modelagem de água produzida que é um aplicativo do OSCAR 10.0.

5.4.1 Avaliação de novos aditivos químicos para preservar o aspecto físico da água após o descarte.

As atividades a seguir serão coordenadas e executadas pela equipe UFRN.

A partir das análises da água do mar, água produzida e suas interações, este projeto busca analisar novos aditivos (comerciais e sintéticos) no tratamento da água produzida e que minimize ou evite o fenômeno de iridescência na superfície da água marinha, facilitando assim sua identificação quando da realização de monitoramentos.

O desenvolvimento e teste de novos aditivos químicos terá como foco a eficácia de tratamento, considerando sua viabilidade econômica, além de buscar minimizar os impactos ambientais adversos ao longo do ciclo de vida do produto.

5.5. Lista de Entregáveis

- Relatório Campanha 1, PDF, Mês 12 (OCP + UFRN)
- Relatório Campanha 2, PDF, Mês 16 (OCP + UFRN)
- Relatório Campanha 3, PDF, Mês 19 (OCP + UFRN)
- Relatório Campanha 4, PDF, Mês 21 (OCP + UFRN)
- Relatório Final PDF, Mês 24 (OCP + UFRN)
- Novo aditivo químico, entrega física, Mês 17 (UFRN)

6 - CRONOGRAMA EXECUTIVO

Os times da OceanPact e UFRN terão as suas atividades desenvolvidas seguindo o cronograma apresentado na Tabela 1.

7 - INFORMAÇÕES ADICIONAIS/ESPECÍFICAS

Esse projeto de Pesquisa & Desenvolvimento será tripartite, onde será financiado pela Karoon Energy e executado pela empresa OceanPact em parceria com o Laboratório de Tecnologia de Tensoativos e Métodos de Separação – LTT, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

A coordenação técnica do projeto seguirá o modelo de co-execução com dois coordenadores das duas instituições envolvidas no projeto. O coordenador da OceanPact será Tin Muskardin, o coordenador da UFRN será Alcides de Oliveira Wanderley Neto. O ponto focal para a comunicação com a Karoon será a gerente de P&D da empresa. Contudo, o líder do projeto como um todo, será Tin Muskardin da OceanPact.

A área de Inovação da OceanPact possui expertise em sensoriamento remoto, seja orbital, através da aquisição, processamento e interpretação de imagens de satélite (i.e., sistemas passivos e ativos), assim como, no uso de sensores transportados por drones e operados para identificação e orientação no combate a derrame de óleo.

A empresa possui um grupo de inteligência meteoceanográfica, capaz de desenvolver modelos hidrodinâmicos assimilados com radares de alta frequência (RAF), aplicando a técnica de 4DVAR, e recentemente esse grupo deu início ao uso de técnicas de machine learning (rede neurais) em modelos de previsão oceânica, sejam para onda e corrente oceânica.

Por esse motivo, a equipe a OceanPact está preparada para conduzir com sucesso o projeto ora apresentado, sendo possível estabelecer uma nova metodologia de aquisição de dados através de ferramentas de sensoriamento remoto combinada com inteligência meteoceanográfica.

O Laboratório de Tecnologia de Tensoativos e Métodos de Separação (LTT) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) iniciou suas atividades no ano de 1984, sendo coordenado pelo professor Alcides de Oliveira Wanderley Neto, desde 2016. Além do coordenador, pertencem ao corpo permanente do laboratório os Laboratórios os professores Marcos Allyson Felipe Rodrigues, José Luís Cardozo Fonseca e Márcia Rodrigues Pereira. O laboratório também conta com a participação de diversos outros colaboradores, trazendo experiência e conhecimento para dentro do grupo de pesquisa.

O LTT tem por missão analisar, pesquisar, desenvolver e aplicar formulações de características químicas, em especial sistemas coloidais a base de tensoativos e polímeros, que

possam ser direcionadas para os mais diversos campos da ciência e indústria. Com uma visão de futuro audaciosa, o laboratório busca ser referência nacional na área de sistemas coloides, fornecendo soluções e inteligências às empresas e instituições parceiras.

8 - REFERÊNCIAS

- [1] ASD Inc., ASD FieldSpec HandHeld 2 Spectroradiometer: User Manual., ASD Document 600860, Rev. G, (2017).
- [2] Babichenko, S. M., Sobolev, I. A., Vint, L., Monitoring of Marine Environment with HLIF Lidar, (2017) C. 68–73.
- [3] S. Babichenko, L. Poryvkina, O. Rebane & I. Sobolev, Compact HLIF LiDAR for marine applications, International Journal of Remote Sensing (2016), 37:16, 3924-3937, DOI:10.1080/01431161.2016.1204479
- [4] Aamo, Ole & Reed, Mark & Downing, Keith, Oil spill contingency and response (OSCAR) model system: Sensitivity studies, International Oil Spill Conference Proceedings, (1997). Doi: 10.7901/2169-3358-1997-1-429.
- [5] G.F. John, J.S. Hayworth, Enhanced effectiveness of oil dispersants in destabilizing water-in-oil emulsions, PLoS ONE 14 (2019).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222460>.
- [6] N. Barrios, J. Pereira, C. Salas, Block copolymer penetration into an asphaltene film as a mechanism for water-in-crude oil emulsion break-up, Fuel 306 (2021).
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121756>.
- [7] F. Yang, P. Tchoukov, P. Qiao, X. Ma, E. Pensini, T. Dabros, J. Czarnecki, Z. Xu, Studying demulsification mechanisms of water-in-crude oil emulsions using a modified thin liquid film technique, Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp. 540 (2018) 215–223.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.12.056>.

- [8] M. Che, C. Shan, R. Huang, M. Cui, W. Qi, J.J. Klemeš, R. Su, A rapid removal of *Phaeocystis globosa* from seawater by peroxymonosulfate enhanced cellulose nanocrystals coagulation, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 262 (2023).
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115318>.
- [9] Q. Yu, Z. Yu, X. Song, X. Cao, W. Jiang, Y. Chu, The synthesis of an acrylamide copolymer and its synergistic effects on clay flocculation of red tide organisms, *J. Environ. Manage.* 332 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117326>.
- [10] R. Taubaeva, R. Meszaros, K. Musabekov, S. Barany, Electrokinetic potential and flocculation of bentonite suspensions in solutions of surfactants, polyelectrolytes and their mixtures, *Colloid J.* 77 (2015) 91–98.
<https://doi.org/10.1134/S1061933X14060179>.
- [11] S.J. Radford, E. Dickinson, Depletion flocculation of caseinate-stabilised emulsions: What is the optimum size of the non-adsorbed protein nano-particles?, *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* 238 (2004) 71–81.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2004.02.020>.

CONTROLE DE REVISÕES

| Revisão | Data | Comentário |
|---------|----------|--|
| 0 | 24.05.07 | Versão inicial da UFRN |
| 1 | 24.05.09 | Versão com comentários e sugestões da Inovatus |
| 2 | 24.05.22 | Versão atualizada pela OceanPact e UFRN |
| 3 | 24.05.29 | Versão atualizada pela OceanPact |
| 4 | 24.05.29 | Versão com todas as alterações aceitas |
| | | |



PLANO DE TRABALHO Nº 769/2024 - DPA/PROPLAN (11.07.02)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 18/06/2024 10:16)

CAROLINA DE SOUSA MARTINS MELO

ADMINISTRADOR

PROPLAN (11.07)

Matrícula: ###494#3

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrn.br/documentos/> informando seu número: **769**, ano: **2024**, tipo: **PLANO DE TRABALHO**, data de emissão: **18/06/2024** e o código de verificação: **94832c2a73**