



## 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

### DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS DO ESTUÁRIO DE SÃO FRANCISCO DO CONDE, BAHIA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA

Ronaldo Gomes Bezerra<sup>1</sup>, George Satander Sá Freire<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – LGMA, Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará – DEGEO/UFC, Campus do Pici – Bloco 912, [lgma@ufc.br](mailto:lgma@ufc.br)

<sup>2</sup> Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada – LGMA, Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará – DEGEO/UFC, Campus do Pici – Bloco 912, [freire@ufc.br](mailto:freire@ufc.br)

**Resumo** – Em regiões costeiras que agregam instalações industriais ou relacionadas com a indústria petrolífera, são constantes os problemas ligados aos derrames de petróleo, comuns nos acidentes envolvendo a exploração, exploração, o transporte e a transferência de óleos crus ou de seus derivados. A caracterização dos parâmetros hidrodinâmicos do sistema estuarino é um fator importantíssimo no gerenciamento desses ambientes, principalmente nas áreas de manguezal, o qual possui maior vulnerabilidade a derrames, causando um intenso desequilíbrio químico e biológico afetando sua fauna e flora. O trabalho proposto visa contribuir para a redução das consequências ambientais tanto do derrame quanto dos esforços de limpeza, e levantar dados suficientes para implementação de mapas de sensibilidade e/ou de outros dados ambientais que ajudaram nas prevenções e mitigações de acidentes, já que a área possui grande relação dinâmica com áreas portuárias e de instalações de refinarias. Para o perfeito conhecimento da área enfocada, foi realizado consulta a bibliografia, levantamentos “in situ” para caracterizações tais como, medidas de correntes, de ondas, levantamento batimétrico, uso de traçadores, avaliação dos parâmetros físicos e químicos (condutividade, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, Eh e pressão), além de consultas aos moradores e pescadores que tiveram conhecimento de acidentes anteriores.

Palavras-Chave: petróleo; estuário; contaminação

**Abstract -**

Keywords: Petroleum, Estuary, Contamination

## 1. Introdução

Em regiões costeiras que agregam instalações industriais ou relacionadas com a indústria petrolífera, são constantes os problemas ligados aos derrames de petróleo, comuns nos acidentes envolvendo a exploração, o transporte e a transferência de óleos crus ou de seus derivados. Em todo o mundo os danos decorrentes de acidentes, ocasionados tanto pelo derrames quanto pelos procedimentos de limpeza, constituem uma ameaça para as áreas costeiras, causando um intenso desequilíbrio químico e biológico afetando sua fauna e flora.

A necessidade de preservação ambiental após os grandes acidentes de derrames de óleo tem aumentado consideravelmente, através da mídia, o nível de conscientização da população e das instituições ambientais. Apesar do constante progresso da tecnologia de segurança operacional na exploração e no transporte de petróleo, o risco de acidentes, que podem ser ocasionados tanto pelo derrame quanto pelos procedimentos de limpeza, permanece e os danos decorrentes são, ainda, uma ameaça às áreas costeiras em todo o mundo.

O manguezal, entre os ambientes costeiros, é o que possui a maior vulnerabilidade a derrames de óleo. O impacto do óleo no manguezal está relacionado com o tipo e volume do poluente, o padrão de deposição do poluente, além de sua persistência e das características ambientais locais, ocasionando enormes prejuízos à vegetação que, conseqüentemente, são repassados aos outros elementos da biota, podendo até mesmo, através de modificações físicas e químicas impostas, influenciar processos biogeoquímicos que causarão importantes agressões em todo esse ecossistema. Essas ações comprometem a quantidade e qualidade dos produtos dele obtidos.

O estudo da hidrodinâmica em áreas estuarinas ajudará a compreender o comportamento de um fluido, de forma a reduzir as conseqüências ambientais tanto do derrame quanto dos esforços de limpeza, e levantará dados suficientes para implementação de mapas de sensibilidade que estão sendo utilizados desde a década de 70, e representam uma importante ferramenta tecnico-gerencial para a priorização dos ambientes costeiros a serem protegidos.

Os estuários e manguezais correspondem às áreas sensíveis, aquelas com maiores riscos tanto biológicos quanto socioeconômicos e são regiões onde, se as medidas de resposta forem bem sucedidas, resultam em significativa redução da contaminação. Os impactos de um derrame podem ser minimizados se os locais mais sensíveis ao contato com o óleo, como por exemplo, os manguezais, puderem ser protegidos.

Este plano de trabalho esta inserido no Projeto Intercambio de Tecnologia com Fins de Mitigação de Problemas Ambientais Oriundos de Atividade Petrolíferas, em Regiões de Manguezal do Nordeste do Brasil – REDE PETROMANG/NE, EDITAL CTPETRO/CNPQ-FINEP 03/2001, Já aprovado pela FINEP.

## 2. Objetivo

O objetivo geral deste projeto é o de efetuar um diagnóstico sobre as características hidrodinâmicas, físicas, químicas, sedimentares e ambientais, de forma a obter informações básicas que possibilitem subsidiar programas de gerenciamento, de proteção, defesa e aproveitamento adequado dos recursos hídricos superficiais, bem como desenvolver a conscientização da importância de conservação do ambiente estuarino e principalmente do mangue frente aos acidentes provocados pela indústria petrolífera. Especificamente, o projeto visa:

- 1) Simulação do derrame de hidrocarbonetos através de dispersantes artificiais com o intuito de caracterizar o comportamento de uma pluma contaminante analisando todos os parâmetros envolvidos, tais como, velocidade e direção de propagação, áreas mais propícias à contaminação dentre outros.
- 2) Levantamento conjunto dos parâmetros hidrodinâmicos como corrente, variações na massa d'água (estratificações) e os prováveis causadores dessas estratificações, temperatura, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, Eh e pressão, além das medidas do clima de ondas e variação da maré.
- 3) Coleta e análise de sedimentos das áreas críticas cobertas pelo ecossistema estuarino e manguezal principalmente, com o intuito de diagnosticar o grau de contaminação dessas áreas, afim de que se possa amenizar os prejuízos repassados para as populações que deles encontram seu sustento ou o utilizam como meio de vida.

## 3. Metodologia

Para a perfeita compreensão das condições dinâmicas do meio físico atuantes na área, contaremos com a aquisição, análise e interpretação de dados históricos e atuais, aplicados à caracterização da dinâmica regional e local. Entre os dados históricos ressalta-se as medidas de clima de onda, correntes, ventos e meteorológicos, além da consulta à moradores e pescadores da região. Estes dados serão reavaliados e atualizados através da comparação com os novos dados adquiridos na área do projeto durante o período em estudo.

### 3.1. Simulação do derrame de hidrocarbonetos

Devido ao estreito relacionamento do estuário em estudo com a prática da indústria petrolífera, gerado pela proximidade e pelos movimentos de massa d'água que promovem as marés, optou-se pela simulação de uma provável

pluma contaminadora de hidrocarbonetos. Visto a importância da caracterização do comportamento fluido, procuramos observar o comportamento dispersivo e analisar mais profundamente junto com outros parâmetros todas as características hidrodinâmicas envolvidas na simulação.

Para a simulação do derrame, usamos dez bóias enumeradas e presas a um peso de 500g, que ficou dentro de um compartimento plástico (aletas) a meio metro, com o intuito de receber influência da corrente naquela profundidade, evitando que as bóias tivessem uma influência única e predominante do vento, perdendo assim o controle real das condições reinantes no ambiente como mostra a figura 1.

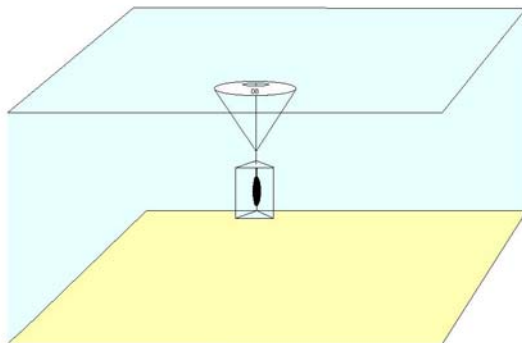


Figura 1. Bóia usada como dispersante na simulação.

O local escolhido para a simulação foi o estuário do Rio Santo Amaro, na cidade de São Francisco do Conde/Ba, pela possível influência de contaminantes oriundos das refinarias próximas, além de está ajustado conforme informações de moradores locais testemunhas de derrames anteriores.

A simulação foi realizada em duas situações. Soltamos as bóias agrupadas nos períodos de maré vazante e maré enchente. Cada simulação foi iniciada a mais ou menos uma hora e meia após a estofa das marés. Depois de soltas as bóias foram monitoradas a cada cinco minutos por meio de tomada de posição de cada uma, através de um GPS, e do tempo decorrido desde o início da simulação.

### 3.2. Corrente

Na aquisição dos dados de corrente foi usado um correntômetro do tipo 3DACM9 Acoustic Corrent Meter da Falmouth Scientific, INC (FSI), com coletas dispostas em seis pontos fixos numa profundidade média de 2m, como mostra a figura 2.

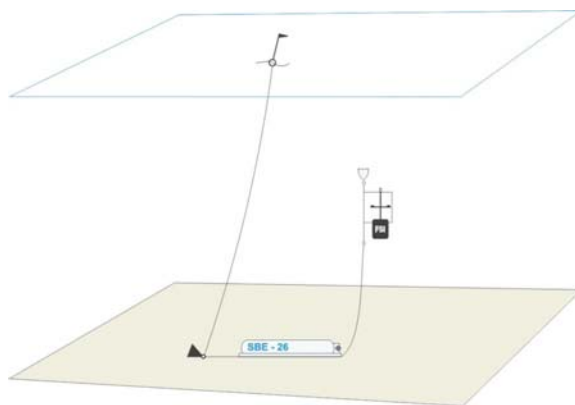


Figura 2. Correntômetro e ondógrafo submersos executando as leituras.

Os pontos foram distribuídos de forma que cinco se posicionaram alinhados perpendicularmente ao sentido da corrente na entrada do estuário do rio Santo Amaro na cidade de São Francisco do Conde e um a 50m do pier da cidade (ver fig. 3), a qual teve medidas mais detalhadas de superfície, meio e fundo para tentar observar possíveis estratificações.

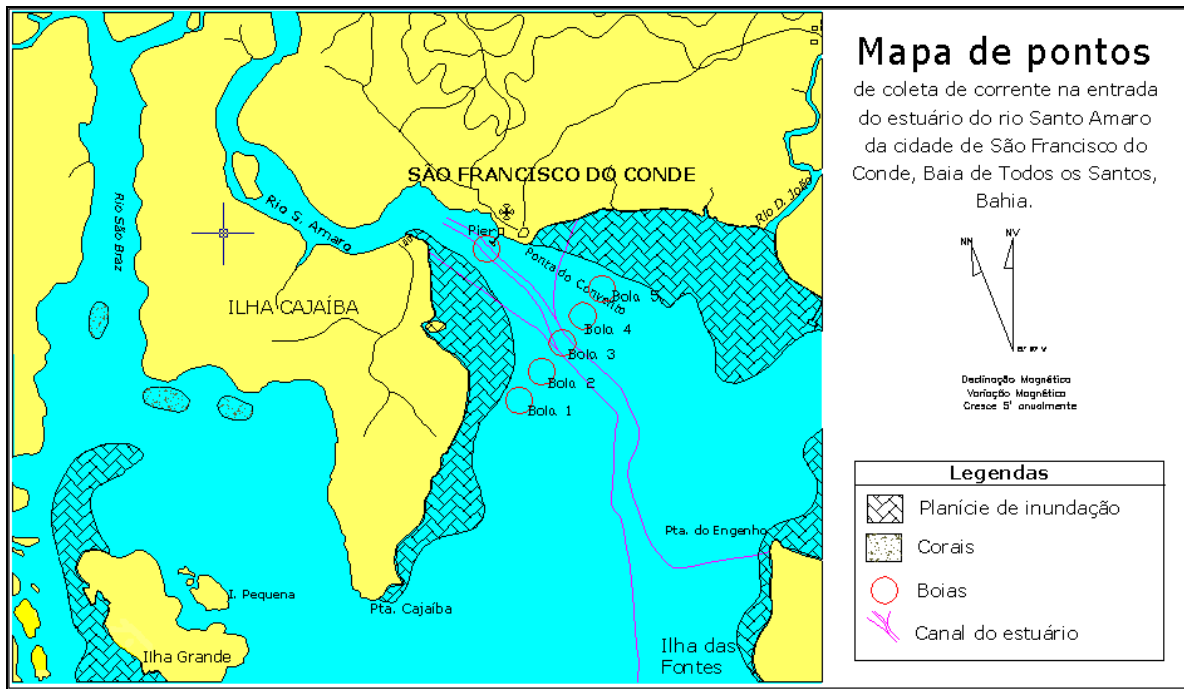


Figura 3. Posicionamento dos pontos de coleta de corrente.

**3.3. Sedimentos**

Os sedimentos foram coletados abrangendo uma área maior, distribuídos por toda a Baía de Todos os Santos em 12 pontos distintos. As coletas foram feitas quase que a totalidade em mangues, estas retiradas na superfície, e algumas do leito de estuários. Todas as amostras passaram por uma análise sedimentológica e posteriormente foram classificadas de acordo com os métodos existentes.

**4. Resultados**

**4.1. Simulação de derrame de hidrocarbonetos**

Tanto para a simulação feita em maré vazante como em maré enchente observamos um padrão dispersivo linear, onde todas as bóias, nos dois experimentos, alinharam-se no decorrer da simulação segundo o canal do estuário. No caso da simulação em maré enchente, foi observado ainda a deposição das bóias (contaminantes) no primeiro meandro do estuário, pertencente ao rio Santo Amaro, indo de encontro com o esperado e coincidindo com as informações recebidas dos moradores e pescadores da região testemunhas de acidentes anteriores (ver fig. 4).

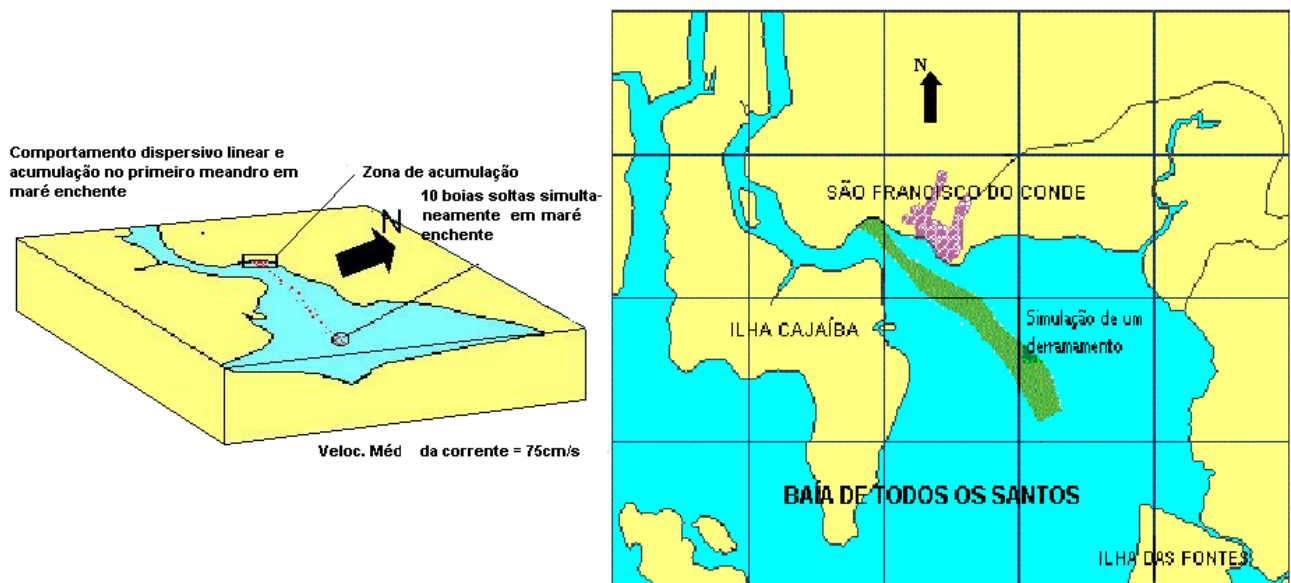


Figura 4. Comportamento dispersivo na simulação de derrame.

Ainda com a simulação obtivemos valores de velocidade de corrente, através do cálculo do tempo decorrido pela distância, que para os dois casos nos deram uma média de 75m/s. Esse valor aproximou-se bastante das velocidades da corrente obtidas com o correntômetro na superfície que ficaram por volta de 78,92m/s.

#### 4.2. Corrente

Nas leituras coletadas na entrada do estuário do rio Santo Amaro da Cidade de São Francisco do Conde a velocidade da corrente obedeceu a distribuição de velocidade que caracteriza um estuário, onde as maiores velocidades convergem para a região da canal.

No caso das medidas coletadas no píer da cidade de São Francisco do Conde, onde se realizou a tomada da corrente em superfície, meio e fundo, observou-se a presença de uma estratificação da massa de fundo do estuário. O fenômeno foi observado no período de estofa da maré baixa, onde a massa d'água superior, no momento, ainda vazava e a massa d'água inferior já enchia.

As coletas de corrente foram complementadas com medidas de temperatura nos respectivos locais feitas em períodos de 10 (dez) a 15 (quinze) minutos para as bóias da entrada do estuário, e períodos mais longos e variados para a coleta realizada no píer. Estes dados foram posteriormente tratados de forma a se apresentarem de maneira mais representativa possível. Os valores das médias das correntes coletadas e das temperaturas nas cinco bóias e no píer estão na tabela X abaixo.

Obs: Os dois valores de corrente e de temperatura para o píer estão dispostos para ilustrar a velocidade da corrente que se mostrou aproximada com o experimento da simulação do derrame, no caso o último valor.

Tabela 1. Média dos valores das correntes do estuário do rio Santo Amaro da cidade de São Francisco do Conde.

Pontos	Velocidade da corrente (cm/s)	Temperatura (°C)
Boia 1	123.58	27.81
Bóia 2	185.90	27.56
Bóia 3	279.36	27.29
Bóia 4	144.52	27.06
Bóia 5	169.80	27.41
Píer	216.23	26.72
	78.92	26.67



- OSIADACZ, A. J., CHACZYKOWSKI, M. Comparison of isothermal and non-isothermal pipeline gas flow models, *Chem. Eng. J.*, v. 81, n. 1, p. 41-51, 2001.
- OUYANG, L., AZIZ, K. Steady-state gas flow in pipes. *J. Pet. Sci. Eng.*, v. 14, n. 2, p. 137-158, 1996.