

## SIMULAÇÃO FLUIDODINÂMICA (CFD) DE VAZAMENTO DE GASES INFLAMÁVEIS EM PLATAFORMAS OFFSHORE

Davith da Silva Campos<sup>1</sup>; Anaximandro Anderson Pereira Melo de Souza<sup>2</sup>; Paulo Emanuel Medeiros Paula<sup>3</sup>; Lígia Maria dos Santos Barros Rodrigues<sup>4</sup>; Luís Jorge Mesquita de Jesus<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo – [davith29835@outlook.com](mailto:davith29835@outlook.com)

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-graduação em Engenharia da Computação e Sistemas – [anaxec1@gmail.com](mailto:anaxec1@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo – [paulomedeiros80@hotmail.com](mailto:paulomedeiros80@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo - [lmsantosbr30@gmail.com](mailto:lmsantosbr30@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade CEUMA, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo - [luisjorgeed25@hotmail.com.br](mailto:luisjorgeed25@hotmail.com.br)

### RESUMO

A ampliação nas operações de produção offshore se faz presente em decorrência da crescente demanda de energia. Em atividades de exploração em estruturas offshore há riscos de vazamentos de gases inflamáveis, que em contato com o ar podem sofrer ignição, causando acidentes com explosões que podem ocasionar danos as instalações, aos trabalhadores e ambientais gravíssimos. Mesmo com todo o aparato de segurança envolvidos nesse setor, vazamentos de gases ocorrem em pequenas, médias e grandes proporções. Assim, uma correta estimativa do volume, direção do gás disperso e do local onde ocorre o vazamento é de fundamental importância para se definir ações de remediação. Com esta motivação, este trabalho propõe um estudo através do software ANSYS Fluent de vazamentos de gases inflamáveis em sistemas e equipamentos de uma estrutura offshore de exploração e produção de petróleo. Através da constatação dos principais pontos de ocorrência de vazamentos fez-se uma simulação com o intuito de avaliar o comportamento do volume de gases inflamáveis dispersos no ambiente.

Palavras-chave: operações offshore, vazamento de gases, ANSYS FLUENT.

### 1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um recurso energético fóssil extremamente importante para o desenvolvimento econômico mundial, através dele podem ser extraídos diversos derivados na forma de combustíveis ou de matéria prima para a indústria petroquímica.

Plataformas para extração de petróleo e gás são largamente utilizadas no Brasil e no mundo. A maioria da produção de óleo e gás brasileiras provém de reservas marítimas, situadas em águas profundas (entre 400 e 1000 metros) e ultra profundas (a partir de 1000 metros) [FLECK, 2008]. Segundo Thomas et al. [2004], essas unidades se dividem basicamente nos seguintes tipos de sistemas: plataformas fixas, auto eleváveis, submersíveis, tension legs, semissubmersíveis e os navios adaptados, como navios-sonda e plataformas do tipo FPSO (Floating, Production, Storage and Offloading).

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

Em decorrência do descobrimento da camada pré-sal, operações de produção offshore de petróleo vem crescendo exponencialmente nas últimas décadas, sendo responsável por mais de 90% da produção total brasileira [OLIVEIRA et al, 2009].

Nas atividades petrolíferas de exploração e produção, em estruturas *on* e *offshore* há sempre o risco de vazamento de óleo ou gás, que sofrendo ignição pode causar incêndio e explosões acarretando problemas as instalações operacionais, ambientais e a vida dos trabalhadores. Por isso, deve-se considerar, durante o projeto destas plataformas, sistemas de detecção de vazamentos a fim de evitar tais situações [FLECK, 2008].

As plataformas petrolíferas oferecem riscos aos trabalhadores tendo em vista que estes trabalham em espaços confinados em locais de difícil acesso a resgate. Diante disso, faz-se necessário a implantação de um sistema de detecção, objetivando diminuir o risco associado aos vazamentos de óleo ou gás [Pupe *et al.*, 2006].

Os vazamentos em plataformas offshore resultam em problemas de grandes proporções, com isso, uma estimativa precisa do cenário que estas se encontram é extremamente importante para a previsão do potencial impacto do vazamento. Além disso, as informações dos sistemas de detecção contribuem na definição de ações preventivas a fim de minimizar os prejuízos.

O Brasil foi palco de acidentes relacionados a vazamento de gases e explosão. Como a “catástrofe” ocorrida em 2001, com a considerada maior plataforma do mundo, P-36, localizada na Bacia de Campos, perdeu a estabilidade estrutural, após o vazamento de gás e explosão, este acidente culminou no naufrágio da plataforma e causou a morte de 11 trabalhadores.

As simulações em CFD tem se mostrado cada vez mais eficientes em decorrência da evolução tecnológica e, além disso, permite fazer o estudo sem desperdício de capital, tempo e de materiais. O presente estudo introduz uma abordagem CFD, mostrando seus benefícios para a indústria petrolífera no combate a problemas de vazamentos de gás.

## **2. DETECÇÃO DE GASES**

No sentido de evitar as ocorrências de vazamento de gases, medidas de minimização dos riscos devem ser tomadas como, por exemplo, a instalação de detectores levando-se em conta diversos cenários de dispersão, diferentes taxas e direções de vazamento em combinação com as condições de ventilação que a plataforma está sujeita.

O sistema de detecção de gases em plataformas offshore é composto por dois subsistemas: um para a detecção de gases inflamáveis e outro para a detecção de gases tóxicos, especialmente gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S). Estes subsistemas são responsáveis por monitorar as concentrações de gases com o intuito de preservar a vida dos trabalhadores, assim como, minimizar danos à estrutura e aos equipamentos da plataforma [FLECK,2008].

Com o auxílio dos softwares de modelagem CFD é possível prever o comportamento do volume de gases vazado e detectar as medidas necessárias para evitar problemas de grandes proporções em casos de vazamento, pois os pontos de vazamento serão identificados e corrigidos rapidamente.

### **3. FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL (CFD)**

A fluidodinâmica computacional é uma ferramenta bastante utilizada na predição e simulação de fluxos de fluidos, transferência de calor e massa, reações químicas e fenômenos correlatos. Formada pela união das três disciplinas da ciência, a física (dinâmica dos fluidos, transferência de calor, reações químicas, etc.), a matemática (resolução das equações de governo e métodos numéricos) e a ciência da computação (programas e os códigos de CFD) cuja função é entender os eventos físicos do fluxo de fluidos internos ou externos à objetos [MARTINS, 2016].

#### **3.1. Utilização na indústria do petróleo**

A crescente utilização da técnica CFD tem se tornado muito importante na indústria petrolífera, pois através desta técnica é possível simular o comportamento de fluxo multifásico em dutos, modelagem de trocadores de calor, estudar a coalescência de gotículas de água e, principalmente, simular a dispersão de gases em decorrência de vazamentos em sistemas e equipamentos.

O fenômeno de dispersão pode ser classificado de duas formas, a primeira em relação as características do fluido que pode ser classificado como neutro, positivo ou negativo em relação ao seu empuxo e a segunda com relação a fonte geradora do vazamento.

O fluido que é classificado como neutro possui densidade bem próxima a do ar, enquanto que os negativos são os que possuem alta densidade, ou seja, possuem densidade superior à do ar como, por exemplo, gás de amônia, o GLP e o CO<sub>2</sub>.

Por último, os positivos como é o caso do gás metano

que possui baixo peso molecular e tende a subir, pois são mais leves que o ar. Por último, os positivos que incluem gases com baixo peso molecular e gases quentes que tendem a subir, pois é mais leve que o ar [FIATES, 2015].

O tipo de emissão pode ocorrer de três formas são elas: contínua, instantânea ou intermediária. Na contínua geralmente ocorre a formação de uma pluma (conforme Figura 1), na instantânea levará a formação de um puff (conforme Figura 2) ou intermediária que pode se comportar entre as ambas a depender das condições [FIATES, 2015].

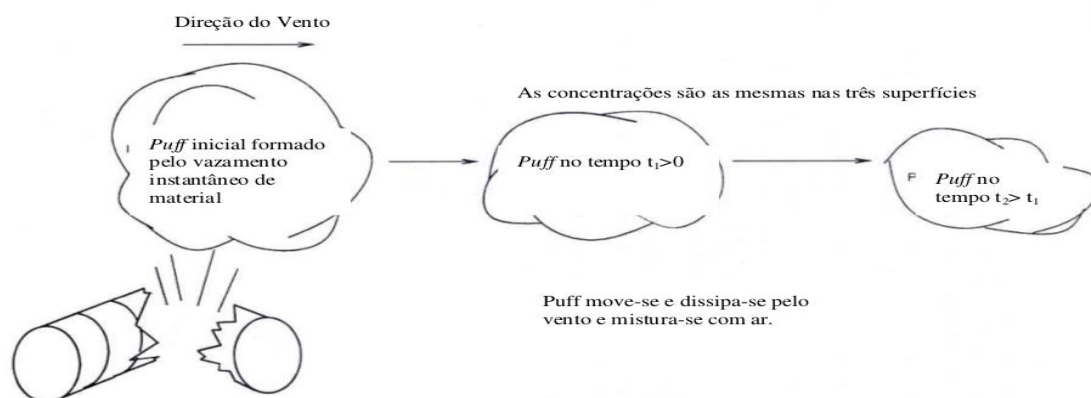


Figura 1: Puff formado por um vazamento instantâneo [CCPS (2000) apud Fleck (2008)].

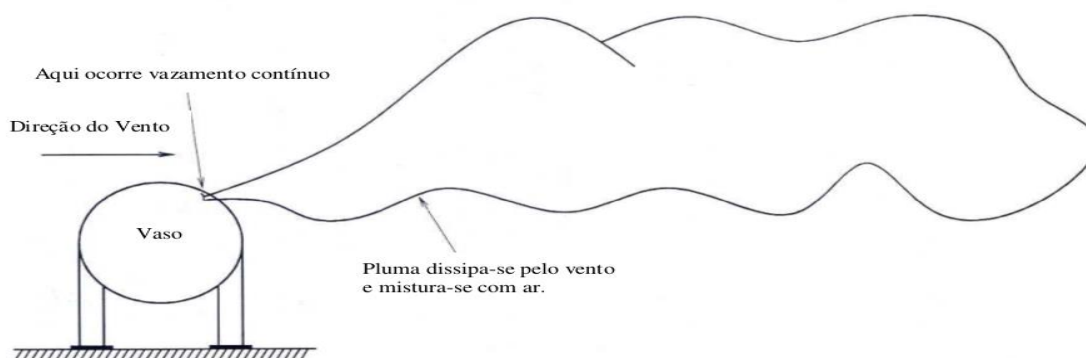


Figura 2: Pluma formada por um vazamento contínuo [CCPS (2000) apud Fleck (2008)].

### 3.2. Modelagem matemática

A forma de modelar matematicamente depende do tipo de regime de escoamento, este pode ser: laminar, transiente ou turbulento. O pacote computacional ANSYS é um software de simulação que resolve numericamente problemas de

mecânica dos fluidos e transferência de calor, empregando a metodologia de volumes finitos usando estruturas espaciais e gerando malhas.

As etapas para a montagem da simulação ocorrem conforme a seguir:

- Descrição da geometria;
- Discretização e geração da malha;
- Especificação das condições de escoamento;
- Seleção dos modelos;
- Especificação dos parâmetros numéricos;
- Solução do escoamento;
- Pós-processamento: análise e visualização dos resultados.

### 3.3. Tipos de escoamento

Na mecânica dos fluidos existem três tipos de escoamento o laminar, transiente e o turbulento. Devido à falta de uma descrição precisa do fenômeno físico o escoamento transiente é caracterizado por altas imprecisões e erros. A solução das equações de Navier-Stokes normalmente não apresenta dificuldades fundamentais para fluxos laminares. Entretanto, a simulação de fluxos turbulentos resulta em problemas que precisam ser resolvidos com o auxílio de equações mais sofisticadas como as equações do tipo *Reynolds-averaged Navier-Stokes*, ou RANS [MARTINS, 2016].

#### 3.3.1. Fluxos laminares e turbulentos

O fluxo laminar caracteriza-se por ocorrer de forma ordenada, formando camadas ou laminas numa mesma direção e com velocidade constante que se movem suavemente sem grande mistura de partículas dentro do fluido, enquanto que o fluxo turbulento apresenta movimento aleatório macroscópico, ou seja, componentes transversais da velocidade se cruzam em relação ao movimento do fluido. O tipo de regime um fluido está relacionado à razão entre forças inerciais e viscosas, que são expressadas pelo número de Reynolds [MARTINS, 2016].



## 4. EXEMPLO NUMÉRICO

O exemplo numérico trata da simulação do vazamento de um tanque em um ambiente de trabalho. Parte-se primeiramente de uma geometria que pode ser modelada de acordo com a necessidade do usuário, a geometria utilizada neste exemplo pode ser visualizada abaixo.

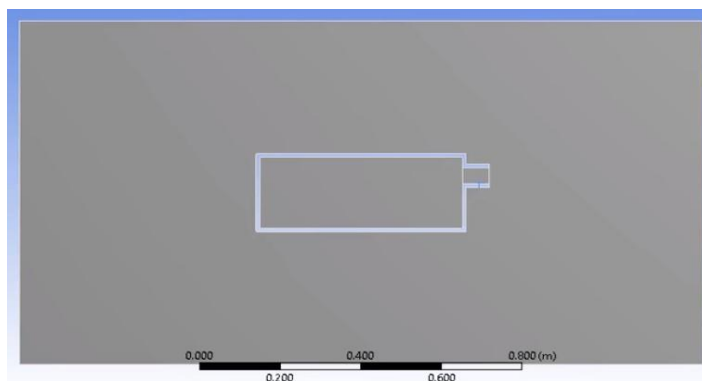


Figura 3 – Geometria do Tanque

A partir da geometria, é necessário a geração de uma malha de volumes finitos de forma que o domínio possa ter seus valores calculados em cada ponto, quanto maior o refino da malha, melhor são os resultados, entretanto o tempo de processamento se torna impraticável, deve se buscar o equilíbrio entre esses dois fatores. A figura 4 demonstra a malha utilizada no exemplo.

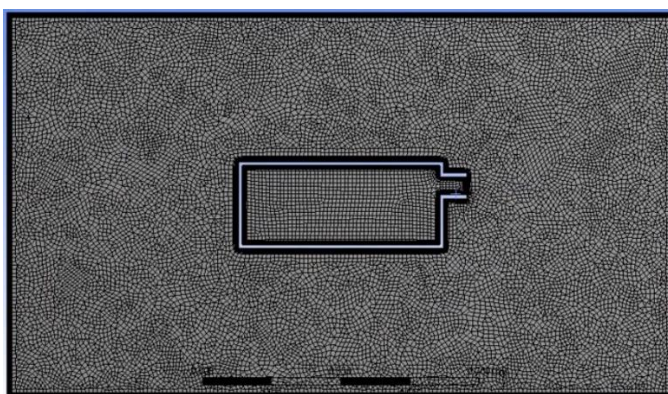


Figura 4 – Malha de volumes finitos

A partir da simulação, o usuário pode visualizar os resultados no formato de contorno onde os pontos em tonalidade de vermelho mostram maior grau em relação a variável utilizada. Nas figuras 5, 6 e 7 estão demonstrados os contornos de velocidade, pressão e temperatura do exemplo simulado.

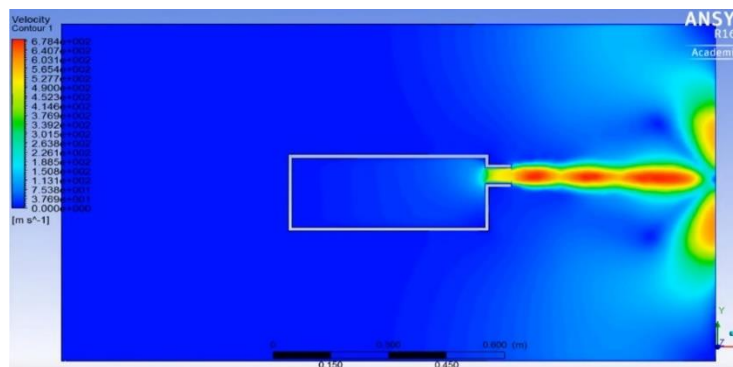


Figura 5 – Contorno de Velocidade

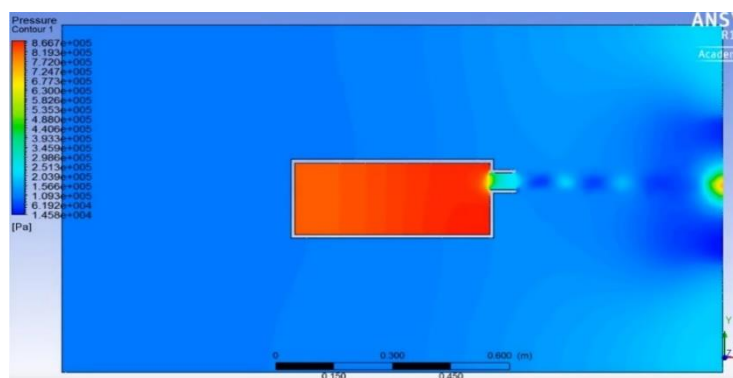


Figura 6 – Contorno de Pressão

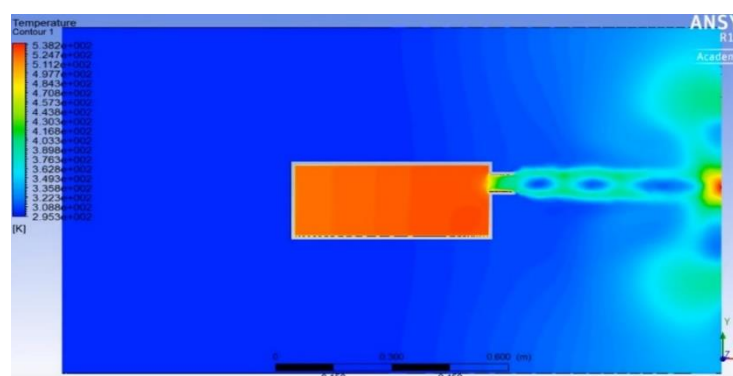


Figura 7 – Contorno de Temperatura

## 5. CONCLUSÃO

O modelo computacional empregado usando o software ANSYS Fluent permitiu fazer a simulação da dispersão de gás sob diferentes condições de contornos. Este estudo possibilitou a visualização da direção e intensidade do vazamento de maneira simples e precisa. Reforçando, assim, a importância e a necessidade da utilização de técnicas de fluidodinâmica computacional (CFD) na indústria de modo geral, principalmente, aquelas que trabalham com gases inflamáveis, pois nestas existe a possibilidade da ocorrência de acidentes de magnitude elevada em

decorrência dos vazamentos de gases inflamáveis que podem sofrer ignição e em contato com o ar geram incêndios e explosões. O modelo CFD se mostrou apto a descrever e prevenir acidentes de grandes proporções utilizando recursos ínfimos em relação aos danos causados em cenários onde ocorrem vazamentos de gases inflamáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY OF THE AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition, Library of Congress Cataloging-in-Publication**, New York, 2000.

FIATES, Juliane. **Desenvolvimento de uma Metodologia Para Simulação de Dispersão de Gás Inflamável por meio de CFD Utilizando OPENFOAM**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2015.

FLECK, André Brenner. **Dispersão de Gases Inflamáveis em Plataforma Offshore: localização de detectores**. 2008. 219 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MARTINS, Vinícius Antônio Messias. **Fluidodinâmica Computacional Aplicada à Geração e Propagação de Ondas em um Reservatório**. 2016. 64 f. TCC (Graduação)

OLIVEIRA, Barbara Yuri de; MARIANO, Gabriel Cassemiro; QUADRI, Marinho Bastos (Ed.). **Um estudo cfd de vazamento de óleo a partir de dutos submersos**. Vii Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Minas Gerais, p.1-6, 27 jun. 2009.

Pupe, C.G., da Silva, A.S. **O uso de CFD na previsão da dispersão de gases em plataformas offshore**. Dissertação de Projeto Final - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

Thomas, J.E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**, 2a edição, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2004.