

RICARDO CABRAL DE AZEVEDO

SEGURANÇA DO TRABALHO EM PLATAFORMAS DE
PETRÓLEO: SITUAÇÃO ATUAL, TENDÊNCIAS E
PERSPECTIVAS

São Paulo

2013

RICARDO CABRAL DE AZEVEDO

SEGURANÇA DO TRABALHO EM PLATAFORMAS DE
PETRÓLEO: SITUAÇÃO ATUAL, TENDÊNCIAS E
PERSPECTIVAS

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho

São Paulo

2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Wilson (*in memoriam*) e Anita, e à minha esposa, Edwiges.

AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer a todos os professores e a toda a equipe do curso de engenharia de segurança do trabalho do PECE, pelo valioso aprendizado. Os ensinamentos e a paciência do Professor Michiel Wichers Schrage foram em particular fundamentais, bem como a atenção da Professora Maria Renata Machado Stelin. É importante destacar também o apoio da Escola Politécnica da USP, e em particular do PMI – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo – por possibilitarem a conciliação entre o acompanhamento do curso e as atividades profissionais deste autor. Indispensável agradecer, também, à empresa PETROBRAS, em especial aos Engenheiros de Segurança Helton Santana e Antonio Carlos Primo Nalesso Lemos, pelo material fornecido.

RESUMO

Desde o seu início, a indústria do petróleo tem se preocupado com a segurança de suas operações. Por lidar com materiais inflamáveis – o óleo e o gás – o risco de acidentes graves deve ser sempre considerado. No caso particular de plataformas de petróleo, o risco é ainda maior, por se tratar de um ambiente muitas vezes isolado e bem distante de apoio terrestre. Este trabalho visa analisar a evolução histórica da segurança do trabalho em plataformas de petróleo, sua situação atual e as suas atuais perspectivas. Procura-se ainda analisar possibilidades de melhorias, além de fornecer sugestões para futuros trabalhos nesta área. O petróleo tem importância fundamental no cenário do mundo moderno. No caso do Brasil, com o advento do chamado Pré-Sal – enormes descobertas de petróleo na costa brasileira – tem-se verificado uma preocupação crescente com os aspectos de segurança, dada a sua complexidade e importância. Além disso, um recente e grave acidente no Golfo do México – no campo de Macondo – despertou ainda mais o setor para riscos semelhantes no Brasil, e é apresentado neste trabalho. A partir de uma revisão bibliográfica dos principais tópicos envolvidos com este tema, procurou-se fornecer uma visão ampla da indústria do petróleo, com destaque para as plataformas marítimas e sua relação com a segurança do trabalho. Ao final, observou-se que houve um enorme avanço nos níveis de segurança praticados, e nos padrões de segurança exigidos internacionalmente nestas plataformas, ao longo de sua existência, e em particular após grandes acidentes.

Palavras-chave: Segurança do trabalho. Plataformas de petróleo. Engenharia de petróleo. Engenharia de segurança do trabalho. Acidentes.

ABSTRACT

Since its inception, the oil industry has been concerned about the safety of their operations. By dealing with flammable materials – oil and gas – the risk of serious accidents should always be considered. In the particular case of oil rigs, the risk is even greater, because it is an often isolated environment and far away from terrestrial support. This work aims to analyze the historical evolution of workplace safety in petroleum platforms, their current situation and their current prospects. It also seeks to examine possibilities for improvement, and provide suggestions for future work in this area. Petroleum has fundamental importance in the modern world. In the case of Brazil, with the advent of the so-called pre-salt – huge oil discoveries in the Brazilian coast – there has been a growing concern with safety aspects, given its complexity and importance. In addition, a recent and serious accident in the Gulf of Mexico – in the field of Macondo – called even more the attention of the sector for similar risks in Brazil, and this is presented in this work. From a literature review of the major topics involved with this theme, it was tried to provide a broad vision of the oil industry, with emphasis on the offshore platforms and its relationship with work safety. In the end, it was observed that there has been a huge evolution in the safety levels applied, and on safety standards internationally required in these platforms, throughout its existence, and in particular following recent major accidents.

Keywords: Work safety. Oil rigs. Petroleum engineering. Work safety engineering. Accidents.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVO.....	9
1.2 JUSTIFICATIVA	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 O PETRÓLEO	10
2.2 AS PLATAFORMAS DE PETRÓLEO.....	10
2.3 SEGURANÇA DO TRABALHO EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO	12
2.3.1 Gerenciamento de riscos	12
2.3.2 Acidentes do trabalho em plataformas de petróleo.....	12
2.3.3 Poços de Alívio	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 MACONDO.....	19
3.2 ENCHOVA.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 ACIDENTE DE MACONDO.....	25
4.2 ACIDENTE DE ENCHOVA.....	41
5 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da indústria do petróleo, a preocupação com a segurança está presente, e é inescapável. Por lidar com materiais inflamáveis – o óleo e o gás – o risco de acidentes graves deve ser sempre considerado. No caso particular de plataformas de petróleo, o risco é ainda maior, por se tratar de um ambiente muitas vezes isolado e bem distante de apoio terrestre. Além disso, devido aos altos custos de uma plataforma, que atingem cerca de um bilhão de dólares, os equipamentos, materiais e pessoas têm que caber em espaços bastante reduzidos.

Isto implica em espaço reduzido para circulação, tanques com material inflamável, próximos a fontes de ignição etc. Dado o seu isolamento, normalmente os trabalhadores moram no interior das plataformas, enquanto estão a serviço delas. Durante este período, portanto, eles estão sob risco permanente, ao contrário da maioria dos trabalhadores em outras atividades, que podem deixar o ambiente de trabalho e ir para casa ao final de seu turno diário.

Por limitações técnicas e econômicas, não é possível, ou viável, gerar-se ambientes cem por cento seguros. Tanques que armazenam gás natural, por exemplo, não são projetados para resistir a uma explosão. A plataforma também não pode ser a prova de incêndio. As rotas de fuga são projetadas para resistirem a um incêndio apenas pelo tempo mínimo necessário para que todos consigam sair da plataforma, se nada os atrasar.

Finalmente, acidentes em plataformas podem ainda acarretar graves danos ambientais, como os provocados pelo vazamento de óleo e fluidos de perfuração, além de prejuízos imensos, pelos altos custos envolvidos. Por tudo isso, a indústria do petróleo é uma das que mais se preocupa com segurança no mundo, e é

essencial haver um trabalho contínuo em analisar e procurar aprimorar ao máximo a segurança em plataformas de petróleo.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar a situação atual da segurança em plataformas de petróleo, sua evolução desde o surgimento deste tipo de estrutura e as suas atuais perspectivas. Procura-se ainda analisar possibilidades de melhorias, além de fornecer sugestões para futuros trabalhos nesta área.

1.2 JUSTIFICATIVA

Pela importância do petróleo no cenário atual, os acidentes nessa área podem afetar a economia de muitos países e a geopolítica global. No caso brasileiro, com o advento do chamado Pré-Sal, tem-se verificado uma preocupação crescente com os aspectos de segurança, pois se trata de áreas muito afastadas da costa brasileira – cerca de 300 km – em águas muito profundas – cerca de 2 km – e envolvendo perfurações também muito profundas – cerca de 6 km.

Como são áreas com um potencial muito grande, elas terão certamente um peso muito significativo na economia brasileira. Além disso, um recente e grave acidente no Golfo do México – campo de Macondo – despertou ainda mais o setor para riscos semelhantes no Brasil.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O PETRÓLEO

Existem muitas definições para o petróleo. É comum que se tenha uma visão intuitiva sobre ele: um líquido preto, extraído das profundezas da Terra, do qual se obtém diversos derivados importantes para o mundo moderno, como a gasolina, o óleo diesel etc. Mas uma definição mais rigorosa é sempre difícil, pois não existem duas amostras de petróleo iguais. Ele é uma complexa mistura de hidrocarbonetos, e sua composição varia de acordo com o local de onde foi obtido, de como foi a sua gênese, de como foi o processo de separação de seus componentes até chegar à superfície, com a variação de pressão e de temperatura etc.

Uma definição bastante aceita é a de um combustível fóssil, constituído predominantemente de hidrocarbonetos, originado de resíduos orgânicos acumulados no fundo de oceanos primitivos (THOMAS, 2004) – embora ainda hoje haja quem conteste a sua origem orgânica.

2.2 AS PLATAFORMAS DE PETRÓLEO

Muitos autores consideram como plataformas de petróleo quaisquer estruturas sobre as quais são construídos, ou mantidos em produção, poços de petróleo. Dentro desta definição, podem existir plataformas marítimas ou terrestres, pois sempre haverá uma estrutura sobre o poço, em terra ou no mar. Entretanto, é muito mais comum referir-se a plataformas de petróleo como estruturas marítimas, e são estas que são enfocadas neste trabalho.

As primeiras estruturas deste tipo eram montadas em águas rasas, sobre as quais simplesmente se colocavam sondas terrestres. Estas foram as primeiras estruturas chamadas de Unidades de Perfuração Marítima. Assim, empregavam-se as mesmas técnicas utilizadas em terra. Isto funcionou com sucesso por algum tempo. Mas a necessidade de se perfurar em águas mais profundas fez surgir novos tipos de equipamentos e técnicas especiais orientadas especificamente à perfuração marítima (THOMAS, 2004). '

Um dos equipamentos de maior importância quanto à segurança na perfuração de um poço de petróleo é o chamado BOP (*Blowout Preventer*). Trata-se de um conjunto de válvulas capaz de fechar o poço em caso de acidente, evitando que fluidos do poço – como óleo e gás – possam chegar à superfície, provocando incêndios e explosões.

Existem dois tipos principais de plataformas. O primeiro tipo é o que contém o BOP em sua estrutura, na superfície. Como exemplo pode-se citar as plataformas fixas, as auto-eleváveis (ou auto-elevatórias), as submersíveis e as chamadas *tension legs*, que são plataformas flutuantes, mas firmemente fixadas no fundo do mar por cabos tensionados. O outro tipo principal se refere às plataformas com o BOP instalado no fundo do mar. Estas são conhecidas como unidades flutuantes, tais como as semi-submersíveis e os navios-sonda. Justamente por estarem flutuando, movendo-se sobre a água, seria muito perigoso manter o BOP em sua estrutura. Um movimento mais acentuado poderia provocar rompimentos na tubulação que se estende desde o fundo do mar até a superfície – chamada de *riser* – provocando vazamentos que o BOP não poderia conter.

O emprego de cada um destes tipos fica condicionado à lâmina d'água (distância que vai do fundo do mar até a superfície da água), condições de mar, relevo do fundo do mar, finalidade do poço, disponibilidade de apoio logístico e, principalmente, à relação custo/benefício (THOMAS, 2004).

2.3 SEGURANÇA DO TRABALHO EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO

2.3.1 Gerenciamento de riscos

Risco pode ser definido, de acordo com *OHSAS 18001* e *BS 8800*, *risk*, como a combinação da probabilidade de ocorrência e da consequência de um determinado evento perigoso (PECE, 2012).

Na indústria do petróleo, os riscos de segurança muitas vezes são altos, e considerados necessários, ou inerentes, dadas as condições de trabalho e exposição constante a materiais perigosos. Muitas vezes os altos riscos são compensados com altos salários, ou adicionais de insalubridade. Entretanto, cada vez mais esta indústria está evoluindo no sentido de minimizar estes riscos.

Para isso, é essencial o conceito de gerenciamento, ou gestão, de riscos, que envolve a busca por eliminar falhas ou probabilidades de falhas - que possam levar a acidentes e danos potenciais -, bem como diminuir suas consequências, nas fases de projeto, construção e montagem, partida e operação de um sistema (PECE, 2012). Em função dos altos riscos e dos altos custos envolvidos, esta é uma das indústrias que mais investe em gestão de risco.

2.3.2 Acidentes do trabalho em plataformas de petróleo

Costuma-se denominar “acidente do trabalho” um fenômeno de encontro entre uma situação de trabalho que contém em si um potencial e um evento disparador que fornece as condições concretas de passagem do potencial ao real. Pode-se acrescentar que o conceito mais comum de acidente de trabalho, inclusive levando-se em conta a Consolidação das Leis da Previdência Social (CLPS), envolve lesão

corporal ou perturbação funcional que cause morte, perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (PECE, 2011).

Além disso, existem muitas situações em que um acidente pode não estar diretamente ou exclusivamente relacionado ao trabalho, mas ainda assim estar ligado a ele. Nesses casos, o acidente, para efeito de legislação, pode ser equiparado a um acidente do trabalho. Como exemplos, pode-se citar acidentes em deslocamentos para o trabalho e acidentes em horários de folga do trabalhador, dentro do ambiente de trabalho. Acidentes de trabalho podem ainda estar relacionados a doenças, como no caso de doença profissional ou do trabalho, ou proveniente de contaminação accidental de pessoal da área médica no exercício de sua atividade (PECE, 2011). No caso das plataformas marítimas de petróleo, por exemplo, os acidentes fatais mais frequentes costumam ocorrer no trajeto até a plataforma (acidentes de helicóptero).

Já no interior das plataformas de petróleo, a maioria dos acidentes ocorre durante a perfuração de poços, ou em atividades de manutenção ou de modificações nesses poços. Durante a perfuração, muitas vezes é necessário colocar uma tubulação de revestimento, de aço, e cimentar as paredes do poço, entre essa tubulação e a parede rochosa. Uma das principais finalidades disso é isolar as formações rochosas, para evitar que óleo ou gás possam entrar no poço de modo descontrolado, antes mesmo de ele estar pronto para entrar em produção.

Mas essa parede rochosa não é perfeitamente lisa, e pode às vezes apresentar grandes desmoronamentos, antes da cimentação. Desse modo, muitas vezes este isolamento não é perfeito, deixando cavidades internas. Isto deve ser sempre examinado, para que se estude a necessidade de novos processos de cimentação complementar. Entretanto, nem sempre essas cavidades são detectadas ou preenchidas corretamente. Isto pode gerar, por exemplo, acúmulo de gás neste espaço anular do poço. O gás, por ser pouco denso, pode facilmente subir até a superfície se “encontrar” caminhos como poros interconectados, fendas, falhas e

fraturas na rocha. Esta, senão a principal, é uma das principais causas de acidentes graves envolvendo a perfuração de poços de petróleo.

Quando há entrada de fluidos indesejáveis – em geral óleo ou gás – da formação para o interior do poço, isto é denominado *kick*. Quando este *kick* foge do controle e os fluidos chegam à superfície, tem-se o *blowout*, que pode ser considerado o mais grave tipo de acidente em poços de petróleo. Quando este tipo de acidente ocorre em uma plataforma de petróleo, em alto-mar, pode ser muito difícil controlá-lo, até que possa chegar ajuda em um ambiente tão isolado. Ao se tratar de uma plataforma fixa, o óleo ou gás pode permanecer queimando por meses, até que se consiga deter o vazamento. Se a plataforma for flutuante, ela pode afundar, e muito óleo ou gás vazar, podendo provocar graves danos ambientais, além do risco de vida dos trabalhadores envolvidos e dos enormes prejuízos decorrentes da perda da plataforma, do custo da reparação dos danos, e de todo o período sem produzir petróleo.

Um *blowout* pode custar muito caro, e o prejuízo, além de financeiro, se estende ao meio ambiente. Evitando *blowouts* e respeitando a legislação vigente no país de operação, os riscos com a exploração de petróleo em grandes profundidades diminuem muito: previnem-se gastos com a contenção destes *blowouts*, evita-se perda de profissionais, e assegura-se a preservação do meio ambiente. É muito importante que as empresas se comprometam com as políticas de segurança, com a legislação vigente no país e com pesquisa e desenvolvimento sobre segurança do trabalho (TOMINAGA, 2011).

Como é muito difícil controlar este tipo de acidente, a segurança do trabalho em plataformas de petróleo está fortemente voltada à prevenção deste e de outros possíveis tipos de acidentes. Os trabalhadores precisam receber treinamento constante para reconhecer riscos e saber como agir em cada situação. Simulações de acidentes e treinamento de fuga e evacuação de plataformas são realizados constantemente. Sempre que possível, deve-se automatizar as operações mais

perigosas, para que seres humanos não se aproximem muito dos ambientes de maior risco de acidentes.

A armazenagem de fluidos inflamáveis, apesar de muitas vezes necessária, deve ser reduzida ao mínimo possível, dentro da plataforma, e as pessoas devem permanecer o mais afastadas possível destes ambientes. Outro aspecto importante é o grande manuseio de material pesado em plataformas, tubulações, ferramentas de aço e muitos equipamentos podem facilmente matar pessoas caso caiam sobre elas. Nesse caso, deve-se sempre andar olhando para cima e prestar atenção nos avisos e alarmes indicando a presença de material suspenso. Nunca se deve permanecer sob material pesado suspenso, durante sua movimentação.

Controle de poço é a técnica usada em operações de perfuração, intervenção e completação (fase final da preparação do poço para entrar em produção), para prevenir o influxo indesejado de fluidos da formação para o interior do poço. O controle de poço envolve a estimativa de pressão dos fluidos da formação, os tipos de rochas, o revestimento do poço e densidade do fluido de perfuração (TOMINAGA, 2011).

O controle de poço pode ser dividido em três níveis (AIRD, 2009), conforme descrito a seguir.

1. Controle primário (Prevenção): a pressão hidrostática exercida pelo fluido de perfuração é mantida maior ou igual à pressão nos poros da rocha perfurada. Se o controle primário é mantido, não há *kick*.
2. Controle secundário: a pressão de formação é maior do que a pressão hidrostática. Há influxo de fluidos da formação para o interior do poço (*kick*), porém nesse estágio ainda é fácil reestabelecer o controle do poço.
3. O poço está fora de controle: *Blowout*. Neste caso o *kick* não foi detectado até que fosse tarde demais, e o controle secundário não foi mantido. O controle de

blowout é muito complicado e necessita de medidas especiais. Com a tecnologia disponível hoje, os *blowouts* não deveriam ocorrer. Entretanto, eles em geral são consequência de erro humano ou de uma grande sequência de falhas de equipamentos.

De acordo com Aird (2009) controle de poço envolve antever situações, antecipar situações de risco e riscos, ter planos de procedimentos e contingências em mão para lidar com qualquer situação que o poço possa apresentar.

De acordo com Grace et al (1994) problemas com o controle de poço e *blowouts* não são específicos de operações complicadas e grandes pressões de reservatório. Ocorrem tanto nas operações mais complexas como poços de gás profundos com altas pressões como em simples operações em poços pouco profundos. Ocorrem em serviços das maiores empresas bem como nas menores. Pessoas perderam suas vidas em acidentes com pressões de superfície de 12000 psi, mas também com pressões de 15 psi. Situações de risco relacionadas a controle do poço e *blowout* são sempre presentes.

No combate ao *blowout* existem variadas técnicas. Algumas mais restritas, aplicáveis somente em casos particulares, e outras mais versáteis podendo ser utilizadas em quase todos os casos. Nos casos envolvendo poços *offshore* em águas profundas recomenda-se, por ser mais confiável, a perfuração de poços de alívio. Por causa do fácil acesso à cabeça do poço, em casos de operações terrestres a intervenção direta no poço é mais utilizada, pois possibilita rapidez no reestabelecimento do controle a um custo baixo.

Lutar contra um poço fora de controle, segundo Grace et al (1994), é mais arte do que ciência. Cada profissional pode utilizar uma abordagem diferente para lidar com problemas apresentados pelo poço, no entanto nos últimos 50 anos as abordagens e equipamentos evoluíram muito.

2.3.3 Poços de Alívio

A perfuração de um poço de alívio tem por objetivo interceptar o poço em *blowout* com um poço direcional e amortecer o *blowout* com a injeção de fluidos. A perfuração do poço de alívio exige engenharia específica e habilidade técnica. Pode ser utilizado em todos os tipos de *blowout* e é confiável. Porém, o grande tempo necessário para construção e os altos custos envolvidos o tornam a última opção no combate ao *blowout*.

A aplicação técnica de poços de alívio depende de alguns fatores que afetam diretamente o plano de contenção. As informações mais relevantes são: lâmina d'água, profundidade do poço, tipo de fluido do reservatório, trajetória e localização do poço em *blowout*.

Grace et al (1994) trata a localização do poço na superfície com a questão crítica nas operações de poços de alívio. Antigamente a locação do poço de alívio era apenas uma tentativa sem respaldo técnico. Consequentemente eram operações pouco confiáveis. Com o avanço tecnológico o cenário melhorou muito. Enquanto o poço de alívio está sendo perfurado utiliza-se uma ferramenta magnética que detecta a presença do ferro no revestimento do poços vizinhos, permitindo ajustar iterativamente a trajetória do poço de alívio para interceptar o poço em *blowout* na região desejada.

Através do poço de alívio, injeta-se fluido no poço para amortecê-lo. O amortecimento pode ser estático ou dinâmico e para seleção do método mais indicado deve-se considerar: as características do reservatório, propriedade dos fluidos do poço, características da formação e equipamentos de superfície.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se aqui de um trabalho essencialmente de pesquisa bibliográfica, e de análise crítica do material pesquisado. Desse modo, esta pesquisa buscou sempre o estado da arte em cada aspecto básico relacionado a seu tema. Muito do que é apresentado nesta monografia é baseado na experiência do autor como professor e pesquisador da área de engenharia de petróleo. A abordagem foi do mais geral para o mais específico. Assim, procurou-se partir das definições, nessa sequência, de petróleo, de plataformas de petróleo e, finalmente, de segurança do trabalho em plataformas de petróleo.

Durante a execução do trabalho ficou claro que o estudo da segurança do trabalho em plataformas de petróleo é muito amplo, e optou-se por um enfoque maior nos grandes acidentes envolvendo este tipo de estrutura. O motivo principal é que estes grandes acidentes geram um grande impacto, não apenas nos trabalhadores, mas na sociedade, despertando melhor a atenção para os problemas inerentes e suas soluções. Além disso, deles são extraídos grandes ensinamentos para se evitar novos acidentes semelhantes.

Dessa forma, procurou-se conceituar os aspectos mais ligados a acidentes em plataformas marítimas, bem como apresentar alguns dos casos mais famosos e importantes, para mostrar as lições aprendidas, e deles se procurar extrair ainda mais lições. Onde o material encontrado não apresentava o acidente com suficiente rigor do ponto de vista da engenharia de segurança do trabalho, procurou-se suprir essa deficiência por meio de uma análise mais crítica do mesmo, ou de conversas informais com profissionais do setor.

Os resultados foram analisados de modo a se comparar a indústria mundial de petróleo com a brasileira, que está hoje bastante dependente da Petrobras.

Portanto, um acidente ocorrido no Brasil foi apresentado, para se avaliar comparativamente como se deu o aprendizado após este acidente, em relação ao aprendizado após o acidente do Golfo do México. Estes resultados são apresentados predominantemente em relação às mudanças nas normas e legislações, bem como em evoluções técnicas decorrentes de ambos os acidentes.

3.1 MACONDO

Macondo é um poço de petróleo do Golfo do México, que se tornou bastante conhecido por ter provocado um dos maiores acidentes da história da indústria petrolífera mundial, no início de 2010. Boa parte do material apresentado a seguir foi extraído de um trabalho de pesquisa realizado por este autor em conjunto com uma sua orientanda (TOMINAGA, 2011).

A sonda Deepwater Horizon estava a serviço da BP para perfuração do poço exploratório de Macondo, campo de Mississippi Canyon, bloco 252. A profundidade vertical prevista para o poço era de 5990 metros. A lâmina d'água era de aproximadamente 1800 metros. A perfuração havia sido iniciada pela plataforma *Transocean Marianas* em outubro de 2009 e precisou ser abandonada por causa da passagem do furacão Ida. A perfuração foi retomada em 2010 com a sonda *Deepwater Horizon*, que era uma plataforma do tipo semi-submersível construída em 2001 pela Hyundai, na Coreia do Sul. A Deepwater Horizon era de propriedade da Transocean e estava a serviço da BP.

De acordo com McAndrews (2011) o *blowout* do poço de Macondo levou à morte de 11 tripulantes e não tem apenas um responsável. A British Petroleum era a operadora e detinha 65% da operação. A Anadarko Petroleum detinha 25% e a MOEX Offshore possuía 10%. Também se devem considerar as responsabilidades das empresas envolvidas. A BP era responsável pela perfuração do poço de Macondo, a Halliburton era a empresa responsável pelo serviço de cimentação, cuja

falha levou ao acidente, e a Cameron foi a fabricante do BOP que ao ser acionado falhou em fechar o poço, o que teria impedido o *blowout*.

Podem-se listar como principais causas, em sequência:

- Houve falha na cimentação, que não isolou a formação, e consequentemente os hidrocarbonetos.
- As sapatas não foram capazes de isolar os hidrocarbonetos.
- O teste de pressão negativa acusou que a integridade do poço não havia sido estabelecida (acusou problemas na cimentação), porém foi ignorado.
- O influxo de hidrocarbonetos no poço não foi percebido até que os mesmos já estivessem no *riser*.
- A equipe tentou restabelecer o controle do poço, mas falhou.
- Um desvio no separador de gás e lama resultou no fluxo de gás para plataforma.
- O sistema de segurança que deveria detectar a presença de gás e de incêndio não preveniu a ignição do gás na superfície.
- O BOP não funcionou, e seu sistema de fechamento de emergência também falhou.

Se apenas um desses fatores não tivesse ocorrido, o acidente teria sido prevenido. Isto é comum em acidentes dessa natureza, onde os mecanismos de segurança são tantos e tão redundantes, que só mesmo uma grande sequência de erros pode provocá-los.

Durante o mês de maio de 2010 membros do centro de gerenciamento de risco, *Center of Catastrophic Risk Management*, CCRM, da *University of California Berkeley* formaram o *Deepwater Horizon Study Group*, DHSG. O DHSG (2010) é uma

organização internacional com 64 membros, profissionais experientes e pesquisadores, que têm grande experiência nas operações de óleo e gás, ecologia marinha e meio ambiente, gerenciamento de risco, engenharia de reservatórios e perfuração, geologia, investigação de acidentes, comportamento organizacional e regulamentação governamental.

O DHSG procurou atingir as seguintes metas descritas a seguir.

- Produzir um relatório final documentando os resultados dos estudos do fracasso da perfuração Macondo, e de suas atividades subsequentes para mitigação e contenção do *blowout*.
- Dar assistência ao: público, governo, indústria ou defensores do meio ambiente que estivessem buscando informações relacionadas ao acidente.
- Dar recomendações sobre o que deveria ser feito para reduzir as chances e consequências associadas a falhas em operações de alto risco como esta.
- Desenvolver uma central digital de arquivos e informações coletadas durante as investigações para serem utilizadas em pesquisas e documentação.

A premissa usada como base dos trabalhos conduzidos pelo DHSG foi: olhar para trás para entender os “porquês” e “como’s” do desastre para entender como melhor seguir em frente. Listar os principais passos necessários para seguir em frente desenvolvendo uma indústria nacional de óleo e gás confiável, responsável e viável economicamente.

Após 10 meses de investigação o DHSG foi capaz de listar algumas descobertas e recomendações com o intuito de reduzir os riscos associados com os maiores desastres nas operações de perfuração e produção da indústria de óleo e gás.

De acordo com o DHSB (2010), na noite do dia 20 de Abril de 2010 um fluxo incontrolado de água, óleo, lama, gás e outros materiais começou a sair pelo *riser* de perfuração e pelo tubo de perfuração da plataforma *Deepwater Horizon*, propriedade da empresa Transocean. Logo após o início do fluxo, uma série de explosões aconteceu e um grande incêndio se iniciou. O fogo continuou por aproximadamente dois dias, sendo alimentado pelo fluxo de hidrocarbonetos saindo do poço. A plataforma foi abandonada logo após o início do incêndio. Porém, dos 126 funcionários embarcados, 11 não conseguiram escapar e faleceram no acidente. A embarcação naufragou 36 horas depois de o fogo haver sido apagado. Nos 83 dias seguintes houve uma série de tentativas para acabar com o vazamento, conforme descrito a seguir.

- Fechamento do BOP: o fechamento da gaveta cega e dos tubos variáveis com um robô, o *Remotely Operated Vehicle* (ROV), falhou.
- Fechamento no final do tubo de perfuração no leito marítimo: bem sucedido.
- Captação do vazamento do *riser* no leito marítimo com uma caixa de contenção conectada a um navio de perfuração: falhou.
- Captação do vazamento de óleo do *riser* com uma tubulação de inserção: parcialmente bem sucedido.
- Captação do vazamento do topo do BOP: cisalhou-se o *riser* e o tubo de perfuração para desconectá-los do BOP e possibilitar a instalação de um dispositivo de captação, chamados de “Top Hat” e “Lower Marine Riser Package”, LMRP. Este procedimento foi parcialmente bem sucedido.
- Tentativa de interromper o vazamento (processo conhecido como “Matar o poço”) através da injeção de lama pesada no BOP: o fluxo no Top Hat persistiu, mas houve uma captura parcial do óleo.
- Remoção do *riser* remanescente no topo BOP e colocação de um equipamento para capeamento com um BOP no topo: bem sucedido, porém alguns vazamentos continuaram.
- Bombeamento de lama pesada para matar o poço impedindo o fluxo e diminuindo a pressão na cabeça de poço: bem sucedido.

- Bombeamento de cimento após a lama de matar para selar permanentemente o poço (caminho do fluxo): bem sucedida no fechamento do poço, com pequenos vazamentos.
- Durante as tentativas acima, dois poços de alívio foram perfurados para possibilitar o controle do poço no fundo oceânico. O primeiro poço de alívio interceptou o poço de Macondo e selou o poço permanentemente.

O *Deepwater Horizon Study Group*, em seu relatório final, divide as causas do acidente em fatores técnicos e organizacionais. Os fatores técnicos são basicamente estes aqui descritos.

3.2 ENCHOVA

Na Bacia de Campos, a plataforma central do campo de Enchova, sofreu *blowout* seguido de explosão e incêndio no dia 24 de Abril de 1988. O acidente resultou na destruição completa da plataforma.

Esta plataforma central controlava 23 poços, que possuíam suas cabeças e árvores de natal localizadas no módulo abaixo da subestrutura da sonda. O BOP era conectado às árvores de natal através de um espaçador de alta pressão. O poço que sofreu o *blowout* foi o 19-D direcionado à região sudoeste do reservatório e perfurado em 1983. Em 1988 o poço foi abandonado no trecho da formação Macaé por causa da diminuição da vazão de óleo e aumento do volume de água. O objetivo era recompletar o poço mais acima na formação Campos-Carapebus, que contém gás em arenito poroso e friável a alta pressão. A cimentação feita anteriormente não isolava a formação de gás como deveria. A recimentação não foi efetuada porque um obturador externo localizado acima da formação isolava o arenito. A falta de cimentação fez com que o espaço anular abaixo do obturador sofresse contaminação pelo gás proveniente da formação.

Em Abril de 1988 durante a completação efetua-se o canhoneamento do revestimento a fim de realizar a recimentação. A densidade do fluido de completação é reduzida por causa da ocorrência de perda de circulação. Com isso contém-se a invasão do fluido de completação, porém os operadores desconhecem a presença do obturador e ao tentar circular o fluido de completação pelo anular até a superfície acabam induzindo novamente a perda de circulação de fluido para a formação. No dia 24 de Abril de 1988, realiza-se novo canhoneio um pouco mais acima do anterior para permitir a circulação do fluido e dar continuidade à operação de recimentação. Sem que a equipe perceba ocorre invasão de gás para o interior do poço. Isso ocorre no mesmo período em que se dá a troca de turno. Por problemas de comunicação, os operários do turno atual acreditam que há dentro do poço três tubos ao invés de três seções tubulares. Quando o gás chega à superfície, os operários resolvem tirar os tubos do poço para fechá-lo. Ao puxar a coluna ela alcança o limite da torre e o sistema limitador da catarina paralisa o guincho. A situação se agrava quando o *packer* é desenroscado e os operários tentam instalar o *inside* BOP, mas o fluxo de gás levanta a coluna. Neste momento aciona-se a gaveta cega que impede a coluna de continuar subindo. Porém esta não contém o *blowout*. A situação fica fora de controle e se dá o início da evacuação da plataforma.

Barcos *fire fighting* foram chamados para controlar o incêndio na plataforma que se estendeu por semanas. O influxo de gás cessou (*blowout* extinto) e o controle do poço foi restabelecido apenas após a perfuração de dois poços de alívio, a partir de 23 de Maio de 1988.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como o foco principal deste trabalho foi analisar grandes acidentes em plataformas, este tomou como principal estudo de caso, por seu tamanho e importância, o acidente de Macondo. Desse modo, a seguir são apresentados os principais resultados relacionados à análise deste acidente.

4.1 ACIDENTE DE MACONDO

Os fatores organizacionais que contribuíram com esse desastre estão profundamente enraizados na história e cultura da indústria petrolífera e administração das agências regulatórias. Esse desastre envolve toda a indústria internacional de exploração *offshore* (marítima) de óleo e gás e sua regulamentação.

Esse acidente teria sido evitado se as melhores práticas de trabalho disponíveis fossem seguidas, além de se diretrizes e tecnologias mais seguras fossem adotadas. O time de operação da BP não demonstrou ter a necessária cultura de segurança no trabalho. O sistema não era focado na máxima segurança. Era muito mais orientado por mentalidade de tentativa e erro do que num cenário mais amplo. Foi observado que o sistema da BP “se esqueceu de ter medo”. As múltiplas falhas relacionadas ao acidente (para identificar, conter, mitigar, planejar e pôr em ordem) são condizentes com uma história de décadas de defeitos organizacionais e falta de visão em longo prazo.

Em muitos aspectos esse desastre assemelha-se a muitos outros desastres na indústria *offshore* de óleo e gás. Oito meses antes, o *blowout* do poço Montara no mar Timor desenvolveu-se quase da mesma maneira, com consequências muito semelhantes. Pode-se também destacar a semelhança dos acidentes com as

plataformas *North Piper Alpha*, da *The Occidental Petroleum* e P36, da Petrobras, ambas tendo seguido caminhos para o desastre muito semelhantes aos desenvolvidos durante o *blowout* de Macondo. Foram enormes falhas de sistema envolvendo uma sequência de maus funcionamentos e colapsos não antecipados, marca registrada de sistemas de grandes desastres.

O *blowout* no Golfo do México também tem semelhanças com o desastre na refinaria Texas City da BP. Essas semelhanças incluem o apresentado a seguir.

- Houve mau funcionamento de múltiplos sistemas de controle durante um período crítico das operações.
- Não se seguiu as normas de operação necessárias ou aceitas.
- A manutenção foi negligenciada
- A instrumentação não funcionou ou a interpretação dos dados levava a falsos positivos.
- A avaliação e gerenciamento de riscos das operações foram inapropriados.
- Houve falhas de comunicação entre os membros dos grupos.
- Não se sabia do risco que todos estavam correndo.
- Houve dispersão da atenção em momentos críticos.
- Havia uma cultura de incentivos que promoviam aumento da produtividade sem mensurar o aumento dos riscos de acidentes.
- Houve um corte de custos inapropriados, sacrificando as práticas de segurança.
- Houve falta de treinamento dos funcionários.
- Houve um gerenciamento de mudanças inapropriado.

De acordo com o DHSB (2010), em todos os casos reuniões com o pessoal de operações estavam sendo feitas no mesmo lugar e momento em que as primeiras falhas ocorriam. Essas reuniões estavam parabenizando os funcionários pela organização e excelência em segurança do trabalhador. Esses dois desastres servem como exemplo para mostrar que existe uma diferença considerável entre segurança do trabalhador e segurança do sistema. Uma não assegura a outra.

Nos dois desastres, os riscos não foram avaliados apropriadamente em situações de risco considerando ambientes naturais, industriais, regulamentais e administrativos. Imperava na empresa um ambiente industrial de corte de custos inapropriados, assim como a falta de gerenciamento efetivo, tanto por parte da indústria como por parte das agências regulamentadoras. Como resultado as barreiras do sistema foram degradadas e destruídas ao ponto no qual os elementos naturais (alta pressão, fluidos inflamáveis e gases) prevaleceram e destruíram o sistema. Uma composição de falhas que seguidas de falhas pontuais, permitiu que uma sequência de falhas evoluísse para uma catástrofe.

Constatações

A falha do projeto de Macondo mostrou que as consequências de um vazamento dessas dimensões podem ser devastadoras. Os riscos de grandes falhas do sistema devem ser os menores possíveis, dentro do que é razoavelmente viável. São necessários grandes investimentos para lidar com as consequências de grandes falhas de sistemas, para se impedir que o efeito em cascata se propague ou mesmo para tratar grandes vazamentos, uma vez que o *blowout* já tenha ocorrido. Este acidente também providenciou uma oportunidade para se reexaminar as estratégias de desenvolvimento de outras fontes energéticas. É necessário que a exploração e produção *offshore* esteja dentro de padrões de risco requeridos pela indústria e pelos governos envolvidos.

Recomendações

Uma indústria eficiente e produtiva necessita de uma regulamentação governamental igualmente eficiente e produtiva. Ficou claro que o órgão que fiscalizava a exploração de petróleo nos Estados Unidos, MMS *Minerals Management Service*, não foi capaz de evoluir junto com a indústria de exploração *offshore*, que está investindo em projetos de altíssimo risco em lâminas d'água ultra-profundas. A agência estava funcionando com menos funcionários e fundos do que o necessário e tinha sérios problemas com conflitos internos relacionados às suas responsabilidades com: *leasing*, receita, administração de recursos energéticos, aplicação de normas e fiscalização. Esses conflitos foram reconhecidos e o BOEMRE, *Department of Interior's Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement* (órgão criado, após o acidente de Macondo, para a regulamentação da indústria petrolífera) dividiu suas funções em duas agências independentes: *Bureau of Safety and Environmental Enforcement* (BSEE) e *Bureau of Ocean Energy Management* (BOEM).

Se o BOEMRE é capaz de atingir as metas e cumprir com sua responsabilidade, é obrigatório que o congresso aprove o mais cedo possível o aumento nas verbas e nas contratações. No entanto mesmo com esses investimentos será necessária uma quantidade significativa de tempo para o BOEMRE desenvolver-se o suficiente para regulamentar o sistema de projetos da indústria de exploração de produção de hidrocarbonetos de alto risco. Nesse ínterim é interessante que o BOEMRE faça contratações de profissionais experientes e qualificados como: consultores, empreiteiras, sociedades classificadoras e indivíduos com experiência na área (gerentes aposentados, engenheiros, pessoal de operações) que tenham demonstrado capacidade de avaliar apropriadamente as chamadas MMSTD (Melhores e Mais Seguras Tecnologias Disponíveis) para resolver o sistema de riscos associados aos projetos de exploração e produção de hidrocarbonetos de alto risco. Seria um trabalho semelhante ao programa da *Certified Verification Agent* utilizado previamente pela MMS para os projetos *offshore* que apresentassem riscos excepcionalmente altos.

A indústria também precisa desenvolver a capacidade de aplicar consistentemente normas de segurança compatíveis com as condições em projetos de alto risco dentro e fora dos Estados Unidos. A maioria das operadoras com projetos *offshore* demonstrou capacidade de aplicar essas condições em regiões com alto risco de exploração. Essas empresas deveriam tomar a liderança para demonstrar que essas medidas de segurança e análise de risco podem ser consistentemente aplicadas nas operações *offshore* dos Estados Unidos e do mundo, incluindo os serviços prestados aos operadores pelas companhias de serviços.

Ao mesmo tempo é evidente que a indústria precisa enfrentar importantes desafios para melhorar na: seleção (pessoas com talento e habilidade para as tarefas a serem realizadas), treinamento (para condições de trabalho normais, de emergência e fora da rotina), aconselhamento com mentores, colaboração e trabalho em equipe da gerência da empresa, seus engenheiros e pessoal de operações. É evidente que se requerem muitas mudanças para viabilizar a aplicação consistente das MMSTD, incluindo projeto, processos, equipamentos, materiais. Pode-se citar a necessidade de melhorias em equipamentos para prevenir *blowouts*, sistemas de resposta em casos de emergência, projetos de poço, processos de cimentação, perfuração, completação, contenção de vazamentos e recuperação do ambiente contaminado.

Analizando essa demanda presente na indústria de exploração em lâminas d'água ultra-profundas com alto risco de exploração pode-se listar, de acordo com o DHSG (2010) algumas recomendações principais.

- Desenvolver e manter uma organização eficiente que irá unificar as colaborações da indústria e do governo no desenvolvimento de projetos de exploração de hidrocarbonetos de alto risco.
- Desenvolver e manter instituições governamentais e privadas para desenvolvimento, validação, evolução e implementação de tecnologias de reconhecimento e gerenciamento de riscos, *Risk Assessment Management* (RAM). Incluindo o estabelecimento de metas e objetivos para a exploração e produção de recursos fósseis em ambientes de alto risco.

- Implementar as técnicas de gerenciamento de risco dentro da indústria e do governo para criação e manutenção de organizações de alta confiabilidade, regulamentação de confiança, e sistemas de alta confiabilidade usados na exploração de óleo e gás em ambientes não amigáveis.
- Desenvolver e manter a política de alta confiabilidade no governo e na indústria (operadoras, contratados e reguladores) que mantenham adequados e aceitáveis índices de produção e proteção. Essas organizações devem ter essa cultura de segurança no trabalho.
- Desenvolver práticas eficientes e confiáveis de resposta a *blowouts*, sistemas de contenção e recuperação capazes de operar em ambientes de alto risco.

Consequências do *Blowout* de Macondo

De acordo com Lippsett (2011) estima-se que foram lançados no oceano cerca de cinco milhões de barris de óleo. Para a estimativa do vazamento a guarda marinha chamou a instituição *Bowen at Woods Hole Oceanographic Institution* (WHOI). A equipe instalou dois equipamentos de medição em um *Remotely Operated Vehicle*, ROV. O primeiro equipamento de medição baseia-se no efeito Doppler, ADCP, *acoustic Doppler current profiler*. Mira-se o ADCP para o jato de óleo e gás que saía do poço. Identificando-se a mudança na frequência da onda sonora que ecoava no jato de hidrocarbonetos foi possível estimar sua velocidade. O outro medidor utilizado foi um sonar de imageamento multifeixe. Esse equipamento fornece a quantidade equivalente de pontos preto e branco na seção do fluxo, permitindo assim distinguir o fluxo de óleo e gás da água do mar. Para conseguir estimar a razão óleo / gás do fluxo foi necessário coletar amostras. Em um *paper* publicado pelo periódico *Proceedings of the National Academy of Sciences*, o fluxo de hidrocarbonetos de maio de 2010 foi estimado em 57.000 ± 9.800 barris de óleo por dia acompanhado de um adicional de $2,1 \pm 0,37$ gigagramas de gás. Extrapolando a taxa de fluxo estimou-se que uma quantidade de $4.800.000 \pm 800.000$ barris tenha vazado para o oceano no acidente envolvendo o poço de Macondo.

As empresas: ExxonMobil, Chevron, ConocoPhillips e Shell fundaram, lideradas pela ExxonMobil, a *Marine Well Containment Company* (MWCC), uma empresa sem fins lucrativos baseada em Houston. O objetivo da empresa é fornecer equipamento e tecnologia pra controle de poços no Golfo do México. A empresa está comprometida em responder prontamente a incidentes envolvendo controle de poços no Golfo do México, e também se compromete a evoluir conforme a necessidade das operações na região. No projeto do sistema a empresa trabalhou com reguladores do BOEMRE para garantir que o novo sistema iria garantir a segurança nas explorações do Golfo do México viabilizando a autorização de novas explorações. MWCC continua se comunicando regularmente com o BOEMRE reportando testes e desempenho em sítio.

As consequências do acidente foram devastadoras para a imagem da BP como operadora, para o meio ambiente e para a credibilidade de exploração de hidrocarbonetos em ambientes de alto risco. O governo dos Estados Unidos percebeu que a regulamentação para exploração de hidrocarbonetos estava defasada e não havia acompanhado a evolução das indústrias para ambientes cada vez mais perigosos e não amigáveis. Mudanças na regulamentação eram tão necessárias quanto mudanças na cultura de segurança das empresas.

De acordo com McAndrews (2011) a administração de Obama criou um novo órgão regulador Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, BOEMRE. Esse órgão substitui a Mineral Management Services, MMS dentro do Department of Interior, DOI. Foi imposta uma moratória de 6 meses a todas as operações de perfuração em águas profundas do país e no ártico todas as operações de perfuração offshore.

Também foi criada uma comissão nacional bipartidária para investigação do acidente: National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling. A função dessa comissão é fornecer recomendações ao governo em como prevenir incidentes similares no futuro.

As consequências do *blowout* envolveram um grande número de instituições federais:

- *Department of Homeland Security*, DHS: empregou a Guarda Costeira americana nas buscas e resgate dos trabalhadores da sonda DeepWater Horizon, na liderança nas tentativas de limpeza do óleo derramado e estabelecimento de um centro de comando. A Secretaria do DHS (secretaria Napolitano) liderou o National Response Team (time de resposta nacional), composto por 16 departamentos e agências, responsáveis pela coordenação da prevenção e tratamento de poluição causada por óleo e substâncias nocivas.
- Secretaria Salazar desenvolveu recomendação de medidas de segurança adicionais a operações offshore.
- A *Environmental Protection Agency* (EPA) fez a parte de relações humanas, monitorando e respondendo às preocupações do público relacionadas ao derramamento de óleo.
- A *National Oceanic and Atmospheric Administration*, NOAA forneceu informações meteorológicas e consequências climáticas e biológicas do derramamento para as organizações (federais, estaduais, locais) envolvidas na limpeza do óleo derramado.
- O *Department of Defense*, DOD emprestou a força aérea e a marinha e suas bases para fornecer áreas de testes para as *booms* (bóias usadas para contenção superficial do óleo) e outras atividades. O DOD também forneceu aeronaves para a aplicação de dispersantes químicos na camada superficial de óleo, uma das tentativas de diminuir o dano ambiental causado pelo derramamento.
- A *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) avaliou a segurança nos locais de trabalho, relacionados às operações de limpeza, próximos ao Golfo do México.
- A *Employment and Training Administration*, ETA auxiliou na reciclagem e reinserção no mercado de trabalho dos trabalhadores que haviam perdido seus empregos por causa do derramamento.

- O *National Park Service* (serviço de parques nacionais) atuou na proteção de recursos e segurança humana em 8 parques nacionais na região do GoM.
- O *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) trabalhou com as respostas químicas, físicas, biológicas e psicológicas dos trabalhadores. Nessa análise o NIOSH identificou, avaliou e monitorou os parâmetros citados.

O Presidente americano Barack Obama também determinou que o DOI elaborasse um relatório de medidas de segurança, *Safety Measures Report*, para identificar as medidas necessárias para aumentar a segurança da exploração de óleo e gás e seu desenvolvimento nas regiões de águas ultra-profundas, fora da plataforma continental. Dentre as recomendações do DOI estão algumas medidas específicas para projetos que assegurem: redundância suficiente nos BOPs, promover a integridade do poço, alcançar a integridade do poço e estimular uma cultura de segurança através de pessoal e gerência.

Todas as operações de óleo e gás estão sujeitas a investigações por leis federais, regulamentação do BOEMRE e mandatos de coordenação, (BOEMRE, 2010 apud MCANDREWS, 2011). O BOEMRE está coordenando o programa de inspeção do Golfo do México, existem 55 inspetores que visitam plataformas diariamente, existem também testes sem aviso prévio para avaliar o estado de preparação em caso de vazamentos. Se as empresas não estiverem de acordo com os requerimentos das listas de inspeção, uma possível penalização é a suspensão das operações (BOEMRE, 2010c apud MCANDREWS, 2011).

Segundo McAndrews (2011) existem uma variedade de opiniões em relação à consequências das mudanças na regulamentação de perfurações offshore. Uma pesquisa conduzida pela Delloite consultoria, com profissionais da área de óleo e gás, em Novembro de 2010 revelou que dois terços dos entrevistados pensam que essas mudanças nas regulamentação, feitas após o acidente de Macondo, são prejudiciais para a indústria, sendo as empresas independentes de exploração e

produção as mais prejudicadas. A maioria dos profissionais da área acreditam que as melhorias na segurança durante a perfuração devem partir da própria indústria e não de uma regulamentação externa (PENNERGY, 2010 apud MCANDREWS, 2011).

O *blowout* de Macondo teve um profundo impacto na regulamentação envolvendo segurança e meio ambiente no Golfo do México. Em 14 de Outubro de 2010 tornou-se efetiva a política de segurança em perfuração (*The Drilling Safety Rule*). Essa regulamentação engloba a parte de integridade do poço e a de equipamentos de controle de poço e inclui, entre outros aspectos:

- É obrigatório seguir a prática padrão recomendada pelo Instituto Americano de Petróleo (API), RP 65 – Parte 2, Isolamento de potenciais zonas de influxo durante construção do poço.
- Submissão de um certificado assinado por um engenheiro registrado alegando que o revestimento e cimentação estejam em condições apropriadas.
- São requeridas duas barreiras independentes para cada caminho de fluxo durante as atividades de completação, deve ser certificado por um engenheiro registrado.
- Treinamento em controle de poços em águas profundas para todos trabalhadores da plataforma.
- Submissão da documentação e esquema de todos os sistemas de controle.
- Estabelecimento de exigências mínimas para os trabalhadores autorizados a operar equipamentos críticos.
- Documentação a respeito do BOP contendo inspeção e manutenção de acordo com a norma API RP 53.

De acordo com (30 CFR Part 250, 2010 apud MCANDREWS, 2011) essa nova política de exploração representará um custo anual de US\$ 183,4 milhões para as

operadoras na OCS. A regra que contribui com a maior parte do gasto é o teste das funções do ROV para operação do BOP.

Também foram implementadas as seguintes normas de segurança em ambiente de trabalho (*The Workplace Safety Rules*). Essas normas eram recomendações do Instituto Americano de Petróleo (*American Petroleum Institute - API*) e passaram a ser obrigatórias.

- Informações de segurança e proteção ambiental, necessárias para qualquer operação: dados de projeto, diagramas de fluxo, diagramas de componentes mecânicos (tubulação e instrumentos).
- Análise de riscos para a operação.
- Gerenciamento de mudanças, elaboração de um programa bem estruturado que auxiliará mudanças físicas, operacionais e de gestão.
- Avaliação de operações e procedimentos por escrito.
- Práticas de trabalho seguras: manuais, padrões, regras de conduta.
- Treinamento em: práticas de trabalho seguras, parte técnica da operação.
- Integridade mecânica: programas de manutenção preventiva, controle de qualidade.
- Revisão de todos os sistemas antecedendo o início das operações.
- Resposta a emergências e controle: planos de evacuação de emergência e contenção de vazamentos.
- Investigação de incidentes: procedimentos para investigação de incidentes, ação corretiva e acompanhamento.
- Auditorias: auditorias a cada 4 anos, no início intervalo de 2 anos para reavaliação e subsequentes intervalos de 3 anos para auditorias.
- Documentação: necessária documentação que contenha todos os elementos acima.

Há quatro áreas importantes que a regulamentação anterior não cobria: análise de riscos, gerenciamento de mudanças, procedimentos de operações e integridade mecânica. Esse programa de segurança em ambiente de trabalho tem custo de implementação estimado em US\$ 2 milhões anuais para cada operadora. Todas as operadoras são obrigadas a identificar e documentar riscos potenciais, aumentando a responsabilidade por análise e gerenciamento de riscos.

A DNV (Det Norske Veritas) é uma empresa multinacional que fornece serviços associados a gerenciamento de riscos. A sede da empresa fica na Noruega, mas ela tem atuação em outros países desde 1867. Atualmente presta serviços em cerca de 100 países. A DNV tem como foco os setores: marítimo, óleo e gás, alimentação e bebidas e assistência médica, e é vista como uma das maiores autoridades em segurança (MCANDREWS, 2011).

Em resposta ao *blowout* de Macondo a DNV elaborou um relatório no qual destaca os aspectos que acredita serem cruciais para um regime de segurança efetivo nas explorações *offshore* no Golfo do México. Deve-se balancear esse regime considerando os riscos próprios desse tipo de exploração com os benefícios para a sociedade e deve conter as seguintes características (DNV, 2010b apud MCANDREWS, 2011).

- Regulamentação baseada em desempenho associada à regulamentação prescritiva.
- Considerando tecnologia, aspectos organizacionais e pessoais.
- Funções e responsabilidades claramente definidas.
- Aplicar gerenciamento de riscos: identificação, redução e controle de riscos.
- Monitoramento de desempenho compartilhado.
- Viabilidade econômica e tecnológica.

- Equilíbrio entre risco, controle e circunstância.

A implantação de um regime de segurança no setor de exploração e produção deve garantir:

- Preservação da vida, meio ambiente e propriedade de maneira efetiva, consistente, transparente e previsível, tanto para aqueles afetados e envolvidos diretamente quanto para aqueles afetados indiretamente como: pescadores, setor de turismo, recreação e todo o ecossistema.
- Riscos avaliados apropriadamente e todas as medidas de prevenção e mitigação identificadas.
- Medidas de segurança implementadas e mantidas por todas as partes envolvidas estando de acordo com as avaliações de risco obrigatórias e com as prescritas pela regulamentação.
- Monitoramento contínuo, durante a vida útil do projeto, das condições de proteção, instalações, procedimentos, pessoal e organização para funcionamento apropriado, observância de todas as regulamentações e para assegurar que os riscos não aumentem.
- Inovações técnicas e melhora na eficiência, que devem ser implementados de maneira segura e responsável.

Infelizmente a regulamentação de segurança e meio ambiente, tipicamente, só é revisada após a ocorrência de um acidente. Foi o caso de acidentes como: Exxon Valdez, Piper Alpha, Bhopal e Texas City. A DNV acredita que o problema com essas mudanças reacionárias da regulamentação é a particularidade das medidas adotadas, elas acabam sendo muito focadas nas causas daquele acidente em particular e se esquecem de outras possíveis situações de risco não relacionadas ao acidente.

Esse tipo de mudança na regulamentação é fácil de implementar e monitorar, mas pode não prevenir novos tipos de acidentes relacionados a novos desafios ou novas tecnologias na exploração em águas profundas. Elas também fazem com que o operador sinta necessidade de apenas obedecer a regulamentação ao invés de ser mais proativo em relação a segurança em operações *offshore*. Uma regulamentação mais flexível baseada em desempenho pode ser mais eficiente em áreas operacionais com rápidas mudanças tecnológicas e grandes desafios. A DNV acredita que o modelo mais eficiente é um regime de segurança *offshore* baseado em desempenho que requeira avaliações de risco complementadas por uma regulamentação específica, obrigatória ou recomendada, para o caso selecionado. (DNV, 2010b apud MCANDREWS, 2011).

Outro benefício de uma regulamentação baseada em desempenho é que ela ajuda a definir claramente funções e responsabilidades. As autoridades definem uma meta e as operadoras são responsáveis por garantir que essas metas sejam atingidas. As operadoras não dependem das autoridades para garantir segurança, forçando-as a realizar gerenciamento de riscos leva ao controle e redução do risco.

A abordagem do gerenciamento de risco é caracterizada por três elementos principais: risco, controle e circunstância. A operadora identifica todos os riscos, deve-se implementar mecanismos efetivos de controle de risco para garantir que as exigências regulamentadas e comprometimento com a segurança sejam alcançadas na prática. Uma etapa crucial durante projeto e operação é a verificação, independente e competente feita por terceiros. O estado de todos os elementos deve ser continuamente monitorado para evitar degradação do regime com o tempo.

As propostas de mudanças na regulamentação de segurança da EPRINC, *Energy Policy Research Foundation*, Inc. assemelham-se às da DNV. A EPRINC é uma organização sem fins lucrativos que estuda a economia nos setores energéticos com ênfase especial na indústria do petróleo. A fundação publicou um artigo em Junho de 2010 ressaltando que a imposição da moratória às explorações no Golfo do

México e Ártico tinha um custo altíssimo e não apresentava benefícios substanciais na diminuição do risco de futuros acidentes, (EPRINC, 2010 apud MCANDREWS, 2011).

Ainda segundo McAndrews (2011), assim como o DNV, a EPRINC apoia um modelo baseado em desempenho para o novo regime de segurança a ser implantado, pois valoriza a cultura de segurança e a longo prazo traria melhores resultados conforme avanços tecnológicos sejam feitos. Porém DNV apoia um regime de segurança baseado em desempenho associado a um regime prescritivo, já a EPRINC acredita que o próprio custo de um acidente de grandes proporções é um incentivo suficiente para que as empresas melhorem seu desempenho em segurança, no entanto não aventura-se a explicar porque esse custo não foi suficiente para evitar o acidente de Macondo. A EPRINC também acredita que a maioria das ações tomadas pelo governo além de representar um custo muito alto para as operadoras acarretaria na perda de receita do governo (*royalties* e impostos).

Órgãos ligados ao governo produziram relatórios identificando as causas do acidente em Macondo. Baseada nas principais falhas que culminaram no *blowout*, a legislação americana para exploração em águas profundas sofreu grandes alterações tornando obrigatório para as empresas realizar testes de equipamentos, análises e gerenciamento de riscos, relatórios assinados por engenheiros credenciados e mudanças no regime de segurança para explorações *offshore*. O governo também determinou a realização de inspeções contínuas nas plataformas. No caso do não cumprimento das novas normas de operação, penalizações serão aplicadas. Por exemplo: advertências escritas, fechamento da plataforma, de equipamentos, da zona ou das tubulações. Se for do interesse nacional pode-se realizar a suspensão das operações.

De acordo com DHS (2010) ficou evidente que quando a tomada de decisão envolve segurança e a oportunidade de economizar tempo e dinheiro a empresa optou pelos lucros. Como resultado de um efeito em cascata, de uma estrutura

profundamente falha considerando análises de sinais, tomada de decisão e processos organizacionais e gerenciais, a segurança foi comprometida ao ponto de culminar em um *blowout* com proporções catastróficas.

Segundo McAndrews (2011) este acidente evidenciou as deficiências em segurança das operações de óleo e gás em águas profundas nos Estados Unidos, incluindo a falta de fiscalização do governo. A investigação do acidente feita pela BP ressalta as principais áreas nas quais houve falhas de segurança e a necessidade de melhorias. As novas normas de segurança para perfuração nos Estados Unidos fornecem regulamentações mais rigorosas e prescritivas como melhoria do desempenho do BOP e necessidade de verificação dos projetos por um engenheiro registrado. Essas novas regras aumentam o custo de operação em águas profundas em aproximadamente US\$184,3 milhões para cada operadora.

A DNV sustenta a visão de que uma boa solução seria a implantação de um regime de segurança baseado em desempenho associado a um conjunto de normas impostas pelo governo. A EPRINC acredita que um regime baseado em desempenho é suficiente, uma vez que a nova regulamentação representa um custo muito alto para as operadoras e perda de receita para o governo.

Pelo apresentado até aqui, observa-se que o acidente de Macondo levantou muitas questões em relação à segurança em plataformas de petróleo, provocando revisões na legislação vigente para a exploração e produção de petróleo em águas profundas nos Estados Unidos. As normas de segurança tornaram-se bem mais rígidas e a indústria respondeu investindo em pesquisas e desenvolvimento de novos equipamentos de segurança em poços, tanto para a prevenção de *blowouts* quanto para a contenção uma vez que estes tenham ocorrido.

Pode-se destacar o potencial da ocorrência de um acidente de dimensão semelhante no Brasil, considerando a exploração da Bacia de Santos, com lâminas

d'água que giram em torno de 2000 m (considerada exploração em águas ultra-profundas). É consenso mundial que todo petróleo de fácil extração já está sendo explorado e que é uma necessidade recorrer a águas profundas para atender à demanda atual por hidrocarbonetos. Cientes dessa realidade, empresas e governos devem cooperar para tornar esse tipo de exploração economicamente viável e segura.

Antes deste acidente não se falava muito em equipamentos de contenção de *blowouts*, e a prevenção era o foco. Após esse evento, muitas empresas entenderam que é necessário ter um plano de ação e algum equipamento de contenção que possa ser usado uma vez que o *blowout* já esteja ocorrendo (TOMINAGA, 2011).

Apesar de a segurança do trabalho ter evoluído em função de diversos outros motivos, como o aumento da tecnologia e dos riscos envolvidos, este acidente foi bastante destacado neste trabalho, pela sua enorme importância para o setor e para exemplificar como os padrões de segurança podem mudar após graves ocorrências como esta.

4.2 ACIDENTE DE ENCHOVA

Embora a análise deste acidente não tenha sido o foco central deste trabalho, é muito importante destacar sua relevância para o Brasil. Apesar dos grandes prejuízos envolvidos, o mesmo contribuiu para a aquisição de uma grande experiência por parte da Petrobras em políticas de segurança contra *blowout*.

Hoje em dia, no Brasil, além de serem seguidas as normas API, também são cumpridas as determinações da Agência Nacional do Petróleo e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os índices de acidentes existentes hoje no

Brasil estão entre os considerados mais seguros do mundo, embora ainda haja muito que evoluir. A Noruega, que tem se sobressaído como um dos países que operam com os melhores índices de segurança, pode contribuir em muito com sua experiência, caso o Brasil saiba tirar proveito deste conhecimento.

Talvez a mais importante evolução ocorrida após este acidente foi o advento das válvulas de gaveta cisalhantes. Instaladas hoje em todos os seus BOPs, estas válvulas são capazes de fechar um poço de petróleo ainda que tenham que cortar (cisalhar) a sua tubulação de aço. A Petrobras também tem instalado em seus poços, além do BOP, a gaveta de acionamento remoto que, ao ser acionada na superfície, estrangula o poço, operando assim sempre em redundância de medidas de segurança contra *blowout*.

5 CONCLUSÕES

Recapitulando os objetivos originais deste trabalho, procurou-se aqui apresentar e analisar resumidamente a situação atual da segurança em plataformas de petróleo, sua evolução desde o surgimento deste tipo de estrutura e as suas atuais perspectivas. Foi possível verificar que a segurança existente hoje, no mundo, neste tipo de atividade, é muito grande, até em função das graves consequências que poderiam advir de acidentes nestas estruturas.

Observou-se que desde o início das atividades de exploração e produção marítimas de petróleo já havia forte preocupação com a segurança. Entretanto, houve um enorme avanço nos níveis de segurança praticados, e nos padrões de segurança exigidos internacionalmente nestas plataformas, ao longo de sua existência.

Hoje, sob um forte processo de automação, há possibilidade de se criar plataformas com cada vez menos trabalhadores operando no local, o que apresenta perspectivas de muito maior segurança, embora muitos temam pelo risco de desemprego. Além disso, vários processos realizados hoje nas plataformas poderão no futuro ser realizados no fundo do mar, em águas mais profundas do que mergulhadores poderiam chegar. Portanto, acidentes nestes locais não afetariam diretamente os trabalhadores das plataformas. Apenas robôs operariam nestas condições.

Procurou-se ainda analisar possibilidades de melhorias, além de fornecer sugestões para futuros trabalhos nesta área. Neste aspecto, cabe destacar o grande potencial do uso de ferramentas de Realidade Virtual, particularmente em treinamentos e simulações de segurança. Embora já haja tecnologia para isso, e com os custos cada vez mais reduzidos, estas técnicas infelizmente ainda são pouco utilizadas, possivelmente por resistências culturais (AZEVEDO, 2002).

Outro aspecto que merece destaque, e que se sugere estudar mais profundamente em trabalhos futuros, é o impacto que o Gerenciamento Integrado de Informações e de Operações poderá ter na redução de acidentes. A quantidade de operações, e sua complexidade, são muito grandes, o que faz com que uma integração completa, e à distância, das atividades de uma ou mais plataformas de petróleo, de um campo ou de uma bacia inteira, ainda seja algo inédito no mundo (AZEVEDO, 2007).

Com o surgimento do Pré-Sal, os olhos do Brasil e do mundo se voltaram para estas importantes descobertas, e muito se tem falado sobre os desafios tecnológicos do mesmo – águas profundas, distância da costa, camada de cerca de 2 km de sal a ser atravessada etc. Mas infelizmente pouco se tem mencionado sobre os aspectos de segurança envolvidos. As tecnologias para exploração e produção marítimas tem evoluído muito, mas a tecnologia de segurança não tem acompanhado.

Além disso, o Pré-Sal envolve a produção de óleos menos densos que os normalmente produzidos no Brasil até então. Por serem mais inflamáveis, estes óleos aumentam os riscos de acidentes. Por outro lado, após o acidente de Macondo, a preocupação com a segurança aumentou muito em todo o mundo, e já se tem sentido reflexos disso também no Brasil.

O acidente descrito no item 4.1 despertou a atenção do mundo para os riscos dessa indústria, o que tem contribuído para seu aprimoramento. Finalmente, cabe destacar que, embora o enfoque deste trabalho – pelos motivos apresentados na sua metodologia – tenha se voltado para os grandes acidentes em plataformas marítimas, não se pode deixar de estudar os acidentes menores, que em geral formam a base de uma pirâmide de acidentes. Aprender-se a evitar os acidentes menores pode ser uma das melhores formas de se evitar os maiores.

REFERÊNCIAS

AIRD, P. **Drilling & Well Engineering - Introduction to Well Control**. Kingdom Drilling Services, 2009.

AZEVEDO, R. C. **Aplicação de Realidade Virtual no Planejamento de Lavra**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

AZEVEDO, R. C. **Modelo de Gerenciamento de Informações na Cadeia de Valor de Mineração e de Petróleo**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

DHSG. DEEPWATER HORIZON STUDY GROUP. **Final Report on the Investigation of the Macondo Well Blowout**. The University of California Berkeley, 2010.

GRACE, R. D., Cudd, B., Carden, R. S., & Shursen, J. L. **Advanced Blowout & Well Control**. Houston: Gulf Publishing Company, 1994.

MCANDREWS, K. L. 2011. **Consequences of Macondo: A Summary of Recently Proposed and Enacted Changes**. U.S. Offshore Drilling Safety and Environmental Regulation. Society of Petroleum Engineers, p. 9.

PECE. **Introdução à Engenharia de Segurança no Trabalho: eST-101**. São Paulo: Epusp-EAD/PECE, 2011.

PECE. **Gerência de Riscos: eST-701**. São Paulo: Epusp-EAD/PECE, 2012.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2004.

TOMINAGA, L. A. G. S.; AZEVEDO, R. C. **Sistema de Segurança Contra Blowout em Poços**. 2011. Trabalho de Formatura (Engenharia de Petróleo) – Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.