



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS BAIXADA SANTISTA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MAR

Henrique Jalain Reis

Estudo de Riscos em Unidades *Offshore*

SANTOS

2021

Henrique Jalain Reis

Estudo de Riscos em Unidades *Offshore*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Petróleo pela Universidade Federal de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Anthony Andrey Ramalho Diniz

SANTOS

2021

Ficha catalográfica elaborada por sistema automatizado
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R375e Reis, Henrique Jalain.
ESTUDO DE RISCOS EM UNIDADES OFFSHORE. / Henrique
Jalain Reis; Orientador Anthony Andrey Ramalho
Diniz; Coorientador . -- Santos, 2021.
59 p. ; 30cm

TCC (Graduação - Engenharia de Petróleo) --
Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo,
2021.

1. Análise de Risco. 2. Unidades Offshore. 3.
Gerenciamento de Risco. I. Diniz, Anthony Andrey
Ramalho, Orient. II. Título.

CDD 665.5

Dedico este trabalho à minha família, que acreditou nos meus sonhos e me deu suporte durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Anthony Andrey Ramalho Diniz, meu orientador, pela ajuda e paciência durante o processo de elaboração do trabalho, não só como professor, mas também como amigo, contribuindo para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

A todos aqueles que trabalham e estudam no Instituto do Mar da Universidade Federal de São Paulo, em especial aos docentes do curso de Engenharia de Petróleo, que me acompanharam durante todo este processo de formação.

À minha família e amigos, que comemoraram e compartilharam da minha felicidade em todas minhas conquistas, desde o início da primeira graduação até o presente momento.

RESUMO

A construção de um poço submarino, e a elevação do óleo até a plataforma são processos que, por si só, apresentam uma série de riscos. Ao chegar no topo da plataforma, diversas operações para armazenamento e transporte do óleo, tanto por tubulações, quanto por navios petroleiros, envolvem processos de alta temperatura, pressão e manuseio de produtos químicos perigosos. Com o crescimento da produção de petróleo no Brasil, a configuração de processos, equipamentos, controles e automação tornam-se cada vez mais complexos. Diante deste cenário, percebe-se que a falha no gerenciamento causa acidentes com perdas não só ambientais, como também humanas e econômicas, contribuindo para aumento da preocupação nacional e internacional da gestão de riscos. O trabalho teve por objetivo desenvolver uma nova ferramenta de gerenciamento de risco, e para isso, utilizou-se da metodologia de gerenciamento de riscos corporativos COSO, e do método HAZOP, que consiste em uma técnica indutiva, qualitativa e estruturada que identifica anomalias em projetos, e potenciais perigos e/ ou problemas operacionais. Pode-se perceber a possibilidade de incorporação de técnicas já existentes e consolidadas na construção de uma nova ferramenta de gerenciamento e controle de riscos, propondo formas de mitigá-los e prevendo possíveis danos ocasionados pela sua propagação em unidades *offshore*.

Palavra-chave: análise de risco; unidades *offshore*; gerenciamento de risco.

ABSTRACT

The construction of an offshore well and the oil elevation to the platform are processes that present a serie of risks for themselves. Once reaching the top of the platform, the operations of oil storage and transportation, both by pipelines or oil tankers, involve processes of high temperature, pressure and hazardous chemicals handling. With the growth of oil production in Brazil, the configuration of processes, equipment, controls and automation becomes increasingly complex. Given this scenario, it is clear that the failure in the management causes accidents not only with environmental losses but also human and economic, contributing to increased national and international risk management concerns. This paperwork aimed to develop a risk management tool, specifically using the corporate risk management methodology COSO and the HAZOP method, which consists in an inductive, qualitative and structured technique that identifies anomalies in the project, and potential hazards and/or operational problems. One can see the possibility of incorporating existing and consolidated techniques to develop a management and risk control tool to mitigate and predict possible damages caused by the propagation of risks in offshore units.

Keywords: risk assessment; offshore units; risk management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da utilização da metodologia COSO e HAZOP na construção da ferramenta de gerenciamento de risco	32
Figura 2: Fluxograma de mapeamento de processo	35
Figura 3: Modelo de planilha de identificação de desvios	36
Figura 4: Mapa de Calor	38
Figura 5: Exemplo de mapeamento de processo	39
Figura 6: Exemplo de planilha de identificação de desvios	40
Figura 7: Proposta de modelo de Mapa de Calor com plotagem de risco	40
Figura 8: Exemplo de Mapa de Calor com plotagem de riscos	42
Figura 9: Exemplo de Mapa de Calor com plotagem de processo	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Acidentes de derramamento de óleo envolvendo navios petroleiros entre 1960 e 1979	14
Tabela 2 – Acidentes de derramamento de óleo envolvendo navios petroleiros entre 1980 e 1999	15
Tabela 3 – Acidentes de derramamento de óleo envolvendo navios petroleiros no anos 2000	17
Tabela 4 – <i>Blowouts</i> em poços <i>offshore</i> e acidentes em plataformas de exploração/ produção ($\geq 100 \times 10^3$ bbl)	18
Tabela 5 - Acidentes de derramamento de óleo no Brasil	20
Tabela 6 - Questionário referente ao ambiente interno da organização	33
Tabela 7 - Questionário referente a fixação de objetivos da organização	34
Tabela 8 - Lista de Desvios para HAZOP de processos contínuos	37
Tabela 9 - Pesos propostos para o impacto e controle na plotagem de processo ...	41
Tabela 10 - Proposta de plotagem de processos conforme divisão do total de riscos ponderados pelo peso do impacto e controles e o total de riscos	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	12
2.1. Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. Acidentes com navios-petroleiros	13
3.2. Acidentes em plataformas de exploração e produção.....	17
3.3. Acidentes Petrolíferos Nacionais	20
3.4. Convenções e Protocolos Internacionais	23
4. METODOLOGIA	25
4.1. Gerenciamento de Riscos Corporativos - COSO	26
4.1.1. Ambiente Interno	26
4.1.2. Fixação de Objetivos	27
4.1.3. Identificação de Eventos	27
4.1.4. Avaliação de Riscos	27
4.1.5. Resposta ao risco	28
4.1.6. Atividades de Controle	28
4.1.7. Informações e comunicação	28
4.1.8. Monitoramento	29
4.2. Análise de Riscos e Operabilidade (HAZOP)	29
5. PROPOSTA DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS.....	31
6. CONCLUSÃO	44
7. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

Pode-se definir petróleo como o nome dado às misturas naturais de hidrocarbonetos que podem ser encontradas tanto no estado líquido, quanto no sólido ou gasoso, dependendo das condições de pressão e temperatura a que são submetidas (ROSA et al., 2011).

Quanto à nomenclatura “Hidrocarbonetos”, pode-se definir estes como compostos de carbono e hidrogênio que são agrupados em séries conforme determinadas características químicas, sendo as mais conhecidas as parafinas, olefinas e hidrocarbonetos aromáticos (ROSA et al., 2011).

A construção de um poço submarino, e a elevação do óleo até a plataforma são processos que por si só apresentam uma série de riscos (FRANÇA, 2014). Ao chegar no topo da plataforma, diversas operações de produção do óleo para armazenamento e transporte tanto por tubulações quanto por navios petroleiros envolvem processos de alta temperatura, pressão e manuseio de produtos químicos perigosos (FRANÇA, 2014). Acidentes como os ocorridos nas plataformas *Piper Alpha*, no Mar do Norte (1988) e *Deepwater Horizon*, no Golfo do México (2010) mostram as consequências trágicas destes eventos e os esforços a serem aplicados para evitar suas ocorrências (FRANÇA, 2014).

No Brasil, há relatos de vazamento significativos de óleo desde 1960 (SOUZA FILHO, 2006). Assim, estabeleceu-se o plano de ação para combate às emergências e acidentes ambientais, que encontra-se previsto na lei n. 9.966 de 28 de abril de 2000, popularmente conhecida como “Lei do Óleo”, e regulamentada pelo Decreto-Lei 4136, de 20 de fevereiro de 2002.

Em uma instalação industrial, as técnicas a serem utilizadas para gestão de risco podem ser (SANTOS e THEOBALD, 2013): Análise preliminar de risco (APR); Análise de perigos e operabilidade (HAZOP); Análise de modos e feitos de falhas (FMEA); Lista de verificação (Check list); E se? (What if?); Análise por árvores de falhas (FTA); Análise por árvores de eventos (ETA); Técnica de incidente crítico; Análise comparativa; Análise pela matriz de interações; Inspeção planejada; Registro e análise de ocorrência; Análise pela árvore das causas.

O Estudo de Perigos e Operabilidade, HAZOP “*Hazard and Operability analysis*” é uma técnica indutiva qualitativa e estruturada que identifica anomalias

em projetos, e potenciais perigos e/ ou problemas operacionais utilizando palavras guias, em conjunto com variáveis do processo para a avaliação dessas anomalias, suas causas e consequências (SANTOS e THEOBALD, 2013).

O estudo de HAZOP deve conter uma equipe multidisciplinar, com alto nível de detalhamento, sendo o estudo considerado por diversos autores como mais completo, e a técnica mais utilizada na indústria química (MATOS, 2009). Segundo Crowl (apud MATOS, 2009), as instituições que utilizam o método HAZOP como técnica de análise de perigos, acabam por perceber que o processo opera com maior estabilidade, menor tempo de manutenção, melhoria da qualidade do produto e redução da produção de resíduos, além da maior confiança na segurança do processo por parte dos funcionários da planta.

No meio corporativo, em organizações que adotam práticas de controles internos, pode-se implementar a metodologia apresentada pelo relatório de Gerenciamento de Riscos Corporativos, desenvolvida pelo *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* (COSO), visando o aperfeiçoamento de operações, e conformidade com as leis e regulamentos aplicáveis.

Diante deste cenário, percebe-se que a falta de controle de riscos causa acidentes com perdas não só ambientais e econômicas, como também humanas, contribuindo para o aumento da preocupação nacional e internacional da gestão de riscos. Desta forma, a análise de riscos torna-se essencial no gerenciamento e controle de riscos, prevendo formas de mitigação e possíveis danos ocasionados pela sua propagação, tendo sido o contexto motivador para a realização desta pesquisa.

Considerando o estudo de HAZOP e analisando a possibilidade de incorporação deste no *framework* de gerenciamento de risco apresentado pela metodologia COSO, propõe neste trabalho, como forma de inovação na indústria, uma nova ferramenta de gerenciamento de riscos para instalações *offshore*.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo propor uma ferramenta de gerenciamento de risco, utilizando como base o método HAZOP e a metodologia de riscos corporativos COSO, capaz de identificar cenários acidentais, causas e consequências em unidades *offshore*, para o desenvolvimento de defesas preventivas e mitigadoras, reduzindo danos às instalações, ambiente e lesão aos trabalhadores.

2.1. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do projeto são:

- Fazer um levantamento do histórico de acidentes petrolíferos internacionais e nacionais e entender suas causas;
- Descrever, brevemente, o cenário legislativo internacional de prevenção a acidentes na indústria petrolífera;
- Propor métodos de Identificação de Processos e Priorização de risco na indústria do petróleo;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A exportação de petróleo teve seu início em 1861 com o navio Elizabeth Watts, carregando uma quantidade equivalente a 900 barris de querosene dos Estados Unidos à Inglaterra (SOUZA FILHO, 2006), incentivando, no decorrer do tempo, um aumento no número de navios transportando maiores quantidades de produtos e com fluxo mais frequente de viagens.

Com a crescente ocorrência e mudanças logísticas de transporte marítimo, conseqüentemente houve o aumento na incidência de acidentes envolvendo navios petroleiros.

As tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam um resumo dos acidentes mais significativos, nos últimos anos, sendo pela quantidade de óleo derramado, pelos impactos econômicos e socioambientais, ou pela sua complexidade de controle e contenção.

Vale ressaltar que os dados de volume vazado em ton, coletados na bibliografia consultada, foram convertidos para bbl (fator de conversão 1 ton equivalente a 7,33 bbl). Ao escolher o fator médio de conversão para todos os dados, em ton, independentemente das diferentes densidades de cada tipo de óleo, o volume estimado (bbl) pode conter algumas imprecisões.

3.1 Acidentes com navios-petroleiros

As décadas de 60 e 70 podem ser consideradas o pontapé inicial no que diz respeito aos vazamentos de óleo (Tabela 1), com o ocorrido em 1967 nas *Ilhas Scillys*, Inglaterra, com o navio petroleiro *Torrey Canyon*, resultando no vazamento de aproximadamente 857 a 872 mil barris de óleo cru.

Nos anos subsequentes ocorreram acidentes considerados os piores da história, como por exemplo a colisão entre os petroleiros *Atlantic Empress* e *Aegean Captain*, resultando no derramamento de 2 milhões de barris de óleo cru no Caribe.

Tabela 1 – Acidentes de derramamento de óleo envolvendo navios petroleiros entre 1960 e 1979

Ano	Local	Nome	Causa	Tipo de óleo	Volume vazado x 10 ³ (bbl)
1967	Inglaterra	<i>Torrey Canyon</i>	encalhe	<i>Kuwait</i>	857,6 - 872,3
1970	Suécia	<i>Othello</i>	colisão	IFO 380	440 - 733
1972	Omã	<i>Sea Star</i>	colisão	<i>Indonesian</i>	843
1974	Chile	<i>Metula</i>	encalhe	<i>Arabian Light</i> e <i>Bunker C</i>	370
1975	Portugal	<i>Jakob Maersk</i>	encalhe	<i>Iranian Light</i> e <i>Bunker C</i>	645
1976	Espanha	<i>Urquiola</i>	encalhe	<i>Arabian Light</i>	733
1977	Havaí (EUA)	<i>Hawaiian Patriot</i>	condições meteorológicas	<i>Light Indonesian</i>	725
1978	França	<i>Amoco Cadiz</i>	condições meteorológicas /danos na estrutura	<i>Iranian Light, Arabian Light</i> e <i>Bunker C</i>	1664
1978	Espanha	<i>Andros Patria</i>	explosão	<i>Iranian Heavy</i>	440
1979	Caribe	<i>Atlantic Empress/Aegean Captain</i>	colisão	óleo cru	2000 - 2104
1979	Turquia	<i>Independenta</i>	colisão	<i>ES Sider</i> e <i>Bunker</i>	690

Fonte: adaptado de REIS et al., 2020.

Durante as décadas de 80 e 90, ocorreram acidentes de grandes proporções no quesito volume vazado (Tabela 2), porém, o acidente com o *Exxon Valdez* ganhou destaque por ser considerado um dos maiores desastres ambientais da história.

O encalhe do petroleiro *Exxon Valdez* ocorreu em 24 de Março de 1989 ao colidir com recifes presentes na região de *Prince William Sound*, no Alasca. Após o rompimento do casco, um volume de cerca de 280 mil barris de óleo se dispersou por uma área de aproximadamente 1800 km, de grande importância produtiva do ponto de vista biológico, e beleza cênica (NOAA, 2019; ITOPF, 2018).

A resposta ao risco durante a fase inicial do derrame ocorreu de forma experimental por queima *in-situ* e pulverização de dispersantes, e outras técnicas mais utilizadas como contenção, porém com baixo resultado em questão de eficiência. Também utilizou-se de outras técnicas como biorremediação e jateamento com alta pressão, porém, os resultados plausíveis surgiram após 1 ano do acidente, com recuperação de mais de 70% da linha de costa (ITOPF, 2018).

O custo desta resposta pode ser considerado um dos mais caros da história do derramamento de óleo por navios, com um total estimado de US\$ 4,3 bilhões, incluindo a limpeza, acordos judiciais e as multas penais (ITOPF, 2018).

Tabela 2 – Acidentes de derramamento de óleo envolvendo navios petroleiros entre 1980 e 1999

Ano	Local	Nome	Causa	Tipo de óleo	Volume vazado x 10 ³ (bbl)
1980	Grécia	<i>Irenes Serenade</i>	explosão	<i>Kirkuk Blend</i>	752
1983	África do Sul	<i>Castillo de Bellver</i>	explosão/ incêndio	<i>Murban e Upper Zakum</i>	1100 - 1847
1985	Irã	NOVA	colisão	<i>Iranian Light</i>	513
1988	Canadá	<i>Odyssey</i>	condições meteorológicas	<i>North Sea Brent</i>	969

Continua

					Conclusão
Ano	Local	Nome	Causa	Tipo de óleo	Volume vazado x 10 ³ (bbl)
1989	Alasca (EUA)	<i>Exxon Valdez</i>	encalhe	<i>Alaska North Slope</i>	271-282
1989	Ilhas Canárias	<i>Khark 5</i>	condições meteorológicas	<i>Iranian Heavy</i>	513
1991	Angola	<i>ABT Summer</i>	explosão	<i>Iranian Heavy</i>	322 - 1905
1991	Itália	<i>Haven</i>	explosão	<i>Iranian Heavy</i>	1055,5
1992	Espanha	<i>Aegean Sea</i>	encalhe	<i>North Sea Brent</i>	490-535
1992	Moçambique	<i>Katina P.</i>	condições meteorológicas	<i>Bunker C</i>	489
1993	Escócia	<i>Braer</i>	condições meteorológicas /encalhe	<i>Norwegian Gullfaks e Bunker</i>	632
1996	Reino Unido	<i>Sea Empress</i>	encalhe	<i>Forties Blend e comb. pesado</i>	530
1999	França	<i>Erika</i>	danos na estrutura	óleo comb. pesado	227

Fonte: adaptado de REIS et al., 2020.

Como forma de suprir a necessidade de normas internacionais de prevenção da poluição por navios, os Estados Unidos empregaram, em 1990, a *Oil Pollution Act* (OPA 90) (Chen et al., 2019) adotando requisitos como: casco duplo para petroleiros

novos e já existentes, idade máxima entre 23 e 30 anos, e retirada total de serviços de petroleiros de casco simples até 2015.

Percebe-se que os maiores vazamentos de óleo já registrados ocorreram antes dos anos 2000 (Tabela 3). O último caso a entrar na lista foi o ocorrido no Mar da China Meridional com o petroleiro *Sanchi*, derramando entre 828 mil e 1019 mil barris óleo cru ultra leve e óleo combustível pesado.

Tabela 3 – Acidentes de derramamento de óleo envolvendo navios petroleiros no anos 2000

Ano	Local	Nome	Causa	Tipo de óleo	Volume vazado x 10 ³ (bbl)
2002	Espanha	<i>Prestige</i>	danos na estrutura	comb. pesado (n. 2, M100)	462 - 469
2003	Paquistão	<i>Tasman Spirit</i>	encalhe	<i>Iranian Light</i>	198
2007	Coréia do Sul	<i>Hebei Spirit</i>	colisão	<i>Iranian Heavy, Upper Zakun e Kuwait</i>	73,3
2018	China Japão	MT <i>Sanchi</i>	condições met./ colisão	cond., <i>Bunker</i> e IFO 380	828 - 1019

Fonte: adaptado de REIS et al., 2020.

3.2 Acidentes em plataformas de exploração e produção

Além das atividades de navegação, merecem destaque também os acidentes ocorridos durante as atividades de exploração, pela complexidade de operações nas plataformas de petróleo, distância da linha de costa, dificuldade no atendimento emergencial imediato e necessidade de elevado nível de organização nos meios de salvamento (FREITAS et al. apud MELLO, 2005).

Em junho de 1979 a plataforma semi submersível do poço exploratório IXTOC I explodiu na Bahia de *Campeche*, no Golfo do México, como consequência da perda de circulação de fluido de perfuração e ocorrência de um *blowout*.

O acidente com a plataforma Piper Alpha também é um dos mais conhecidos, sendo consequência de uma série de falhas sistêmicas, ocasionando a morte de 167 pessoas (FRANÇA, 2014).

Tabela 4 – *Blowouts* em poços *offshore* e acidentes em plataformas de exploração/ produção ($\geq 100 \times 10^3$ bbl)

Ano	Nome	Local	Causa	Vol. vazado x 10^3 (bbl)
1969	Poço <i>Alpha</i> n. 21	Santa Bárbara - Estados Unidos	<i>blowout</i>	100
1971	Poço <i>Iran Marine International</i>	Golfo Pérsico	<i>blowout</i>	100
1973	Poço <i>Bull Run/Atwood Oceanics</i>	Dubai - Emirados Árabes	<i>blowout</i>	2000
1977	Poço <i>Ekofisk Bravo B-14</i>	Mar do Norte - Noruega	<i>blowout</i>	147 - 236
1979	Poço <i>Ixtoc 1</i>	Baía de Campeche - Golfo do México	<i>blowout</i>	3300 - 10190
1980	Poço <i>Funiwa 5</i>	Forcados - Nigéria	<i>blowout</i>	200 - 396
1980	Poço <i>Hasbah 6</i>	Golfo Pérsico	<i>blowout</i>	105
1983	Campo <i>Nowruz</i>	Irã	rompimento de riser - ato de guerra	1906
1986	Poço <i>Abkatun 91</i>	Baía de Campeche - Golfo do México	<i>blowout</i>	247

Continua

				Conclusão
Ano	Nome	Local	Causa	Vol. vazado x 10 ³ (bbl)
1988	Plataforma <i>Piper Alpha</i>	Mar do Norte	Explosão corrente de vazamento de gás condensado	4214
1991	Guerra do Golfo	Golfo Pérsico	explosão de campos e petroleiros (ato de guerra)	5131 - 8000
2010	Plataforma <i>Deepwater Horizon (Macondo MC252)</i>	Golfo do México	<i>blowout</i> explosão e incêndio	2450 - 5409

Fonte: adaptado de REIS et al., 2020.

Em 2010 ocorreu a explosão da sonda de perfuração *Deepwater Horizon* (poço exploratório Macondo MC252), operada pela empresa britânica *British Petroleum*, causando o derramamento de um valor entre 2,4 milhões e 5,4 milhões de barris de óleo no Golfo do México. A ocorrência de um rompimento das tubulações no fundo oceânico resultou no pior vazamento de óleo da história dos Estados Unidos.

A explosão e conseqüente afundamento da *Deepwater Horizon* causou mortes e ferimentos graves nos trabalhadores, mostrando a ineficiência e falhas dos planos de controle em caso de acidente, intensificando os danos causados pelo fogo (BARSTOW et al., 2010; ITOPF, 2018).

Dentre os métodos de contenção, utilizou-se a injeção de dispersantes em grande escala e a queima *in situ* (ITOPF, 2018). O impacto econômico foi imediato, principalmente na indústria da pesca do Golfo, e posteriormente no turismo, além dos impactos reputacional, legal e financeiro para a empresa.

Percebe-se então a complexidade em se definir qual causa dos acidentes, tanto em plataformas quanto com navios petroleiros, traria um impacto social, ambiental e econômico mais negativo, já que os cenários são compostos pela sinergia entre volume vazado, tipo de óleo e localização do acidente. Entretanto,

com o entendimento de que maioria desses esteve associada a falhas humanas, fica evidente a necessidade de investimento em treinamentos e procedimentos, que possam minimizar a probabilidade de ocorrência de novos acidentes.

3.3 Acidentes Petrolíferos Nacionais

O primeiro registro de acidente no Brasil data de 1960, com a explosão do navio-tanque *Sinclair Petrolare*. Após isso, pode-se citar os seguintes acidentes descritos por SOUZA FILHO (2006), CETESB (2012) e PEDROSA (2012), apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Acidentes de derramamento de óleo no Brasil

Ano	Local	Nome	Causa	Tipo de óleo	Volume vazado x 10 ³ (bbl)
1960	Costa Brasileira	<i>Sinclair Petrolare</i>	explosão	óleo cru	419
1974	Canal de São Sebastião (SP)	<i>Takimyia Maru</i>	colisão	óleo cru	44
1974	Porto ou terminal indefinido	<i>Esso Garden State</i>	falha no carregamento	óleo cru	37
1975	Baía de Guanabara (RJ)	<i>Tarik Ibn Ziyad</i>	encalhe	óleo cru	44 - 113
1978	Canal de São Sebastião (SP)	<i>Brazilian Marina</i>	encalhe	óleo cru	38 - 261
1978	Banco do Meio, ZEE	<i>Aminona</i>	encalhe	óleo combustível	147
1979	Rio Amazonas	<i>Gunvor MAERSK</i>	explosão/ encalhe	óleo combustível ou derivado	88

Continua

					Conclusão
Ano	Local	Nome	Causa	Tipo de óleo	Volume vazado x 10 ³ (bbl)
1983	São Sebastião - Cubatão (SP)	Oleoduto	rompimento	óleo cru	16
1985	São Sebastião (SP)	Petroleiro Marina	colisão	<i>óleo cru</i>	12 - 17
1986	Litoral RJ	Petroleiro Brotas	colisão	<i>óleo cru</i>	10
1994	São Sebastião - Cubatão (SP)	Oleoduto	rompimento	óleo cru	17
2000	Baía de Guanabara (RJ)	Oleoduto	fenda	óleo combustível MF180	8
2000	Rio Barigui (PR)	Oleoduto	rompimento	óleo cru	25
2001	Bacia de Campos	Plataforma P-36	explosão	óleo cru	2,2 - 9,4
2004	São Sebastião - Cubatão (SP)	Oleoduto	fenda	óleo cru	-
2004	Paranaguá (PR)	<i>Vicuña</i>	explosão	óleo comb., diesel, óleo hidráulico e Metanol	41
2011	Campo de Frade - Bacias de Campos	<i>Poço de exploração</i>	-	óleo cru	3,7

Fonte: adaptado de SOUZA FILHO, 2006; CETESB, 2012; PEDROSA, 2012.

Em 1974 o navio-tanque *Tamikyia Maru* colidiu com uma rocha em São Sebastião (SP), causando o derramamento de aproximadamente 420 mil barris de óleo cru. Ainda no mesmo ano, o navio *Esso Garden State* derramou 44 mil barris de óleo cru durante seu carregamento.

Em 1975 o navio-tanque *Tarik Ibn Ziyad* encalhou na Baía de Guanabara (RJ) causando o rompimento dos tanques e vazamento de uma quantidade entre 44 mil e 113 mil barris de óleo cru.

Em 1978 ocorreu o encalhe do Petroleiro *Brazilian Marina*, em São Sebastião (SP), causando o vazamento de óleo cru pelos tanques perfurados. No mesmo ano o navio-tanque *Aminona* derramou gasolina na zona econômica exclusiva brasileira.

Em 1979, o acidente com o petroleiro *Gunvor MAERSK* causou o vazamento de 88 mil barris de óleo combustível no rio Amazonas.

A década de 80 foi marcada pelo rompimento do oleoduto da Petrobras, interligando São Sebastião à Cubatão (SP) em 1983. Ainda nesta década ocorreu a colisão do navio *Marina* com o terminal São Sebastião, São Paulo, e também a colisão do petroleiro *Brotas* no Rio de Janeiro.

Em 1994 ocorreu rompimento do oleoduto entre o Terminal de São Sebastião e Cubatão, ocasionando o derramamento de 17 mil barris de óleo cru.

Já em 2000 aconteceu o vazamento por uma fenda no oleoduto que liga a Refinaria Duque de Caxias à Baía de Guanabara (RJ), e o rompimento de um oleoduto da Refinaria Presidente Vargas (PR).

Em 2001, ocorreu o acidente com a plataforma P-36, na bacia de Campos, causando a morte de 11 pessoas. Outros acidentes ocorreram na Bacia de Campos nos anos seguintes, como o vazamento de 3700 barris de óleo cru de um poço de exploração em 2011.

Em 2004 houve a explosão do navio-tanque chileno *Vicuña*, derramando cerca de 41 mil barris de óleo combustível, diesel, óleo hidráulico e metanol.

Um caso de acidente que não está presente na tabela 5, mas de grande repercussão midiática, foi o derramamento de óleo nas praias do Nordeste e Sudeste brasileiro, em 2019, considerado um grande desastre ambiental, e sua causa permanece incerta.

3.4 Convenções e Protocolos Internacionais

A incidência de derrames e acidentes serve como propulsor na produção de legislação internacional como medida preditivas e preventivas de eventos futuros (MARTINS, 2005).

Em 1969 ocorreu a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, 1969 (CLC), adotada para assegurar a compensação adequada aos que sofram danos decorrentes de acidentes que envolvam navios de petroleiros (SOUZA FILHO, 2006).

Em 1972 ocorreu a Convenção sobre os Regulamentos Internacionais para a Prevenção de Colisões no Mar (COLREG), que tratava de regras para evitar colisões (SOUZA FILHO, 2006). No mesmo ano ocorreu a Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e Outras Matérias (LC), que buscava o controle das fontes de poluição marinha, especial por alijamento de resíduos (SOUZA FILHO, 2006).

Ainda em 1972 ocorreu a Conferência de Estocolmo, que com o princípio 7 da Declaração sobre Meio Humano estabeleceu que:

“os países deverão adotar todas as medidas possíveis para impedir a poluição dos mares por substância que possam pôr em perigo a saúde do homem, prejudicar os recursos vivos e a vida marinha, causar danos às possibilidades recreativas ou interferir com outros usos legítimos do mar” (SCALASSARA, 2008).

Em 1973 ocorreu a Convenção para prevenção de Poluição proveniente de Navios – [*Marine Pollution*] (MARPOL), posteriormente modificada pelo Protocolo de 1978, que teve como intuito a prevenção da poluição do ambiente marinho decorrente de descargas de substância nocivas ou de efluentes que continham as mesmas (SOUZA FILHO, 2006).

A Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS) ocorreu em 1974, como forma de estabelecer padrões que assegurassem a segurança de navios. A Convenção foi emendada pelo Protocolo Solas 88 (SOUZA FILHO, 2006).

Em 1978 ocorreu a Convenção Internacional sobre Normas de Treinamento, Certificação e Serviços de Quarto para Marítimos (STCW), que estabelecia padrões de treinamento de pessoal de bordo (SOUZA FILHO, 2006).

Vale ressaltar, no ano de 1982, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, 1982 (UNCLOS) que estabeleceu um quadro legal, por meio das responsabilidades e poderes dos Estados, para questões relacionadas à proteção e preservação do ambiente marinho (SOUZA FILHO, 2006).

Na década de 90 ocorreu a Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por óleo (OPRC), que buscava a cooperação internacional e melhoria das capacidades nacionais, regionais e globais de resposta à poluição por óleo, estimulando a adoção de planos de emergências e planos de contingência, pelos governos, que são capazes de responder de forma imediata e efetiva ao incidente (SOUZA FILHO, 2006).

Como resposta ao encalhe do navio-petroleiro *Exxon Valdez*, que pode ser considerado um dos piores desastres ambientais da história, foi empregada nos Estados Unidos a *Oil Pollution Act* (OPA 90) visando suprir a necessidade de normas internacionais de prevenção da poluição por navios, exigindo casco duplo para petroleiros novos e já existentes. Isto nos mostra que acidentes geralmente são propulsores de criação e aperfeiçoamento de normativas, quando na verdade, as normativas deveriam vir como forma preventiva, para evitar que estes acidentes ocorram.

4. METODOLOGIA

No presente trabalho, para contextualizar a importância do gerenciamento de risco em ambiente *offshore*, realizou-se um levantamento bibliográfico dos acidentes internacionais e nacionais envolvendo o transporte e exploração de petróleo, utilizando informações de centros como CEDRE (*Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution*), NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), e ITOPF (*International Tanker Owners Pollution Federation*), assim como teses e dissertações. A partir das informações coletadas, foi possível identificar o ano da ocorrência, local, causa do acidente, tipo de óleo, e o volume vazado em ton convertido para bbl (fator de conversão 1 ton equivalente a 7,33 bbl), permitindo um entendimento da relação causa e efeito entre os principais acidentes da indústria.

Posteriormente, a fim de atingir o objetivo proposto, foi realizado um estudo bibliográfico acerca de duas diferentes metodologias de risco, identificando ideais, etapas e processos de gestão que poderiam servir como base para o desenvolvimento da ferramenta de gerenciamento de risco proposta neste trabalho.

A primeira metodologia estudada e utilizada como referência foi o relatório de Gerenciamento de Riscos Corporativos, desenvolvida pelo *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* (COSO) implementada em organizações que adotam práticas de controles internos para aperfeiçoamento de suas operações, e conformidade com as leis e regulamentos aplicáveis.

Apesar de seu viés corporativo, o *framework* de gerenciamento de risco apresentado pela COSO permite o entendimento e aprimoramento de processos produtivos, sendo essencial na construção da ferramenta de gerenciamento de risco. Este framework consiste em 8 etapas, sendo estas: ambiente interno, fixação de objetivos, identificação de eventos, avaliação de riscos, resposta ao risco, atividades de controle, informações e comunicação, e monitoramento.

Para a etapa de identificação de risco, utilizou-se os métodos de definição de nós, seleção de variáveis, definição das causas dos desvios, definição das consequências dos desvios, e possibilidade de eliminação ou minimização de desvios, que estão presentes na segunda metodologia de risco utilizada como referência, a Análise de Risco e Operabilidade (HAZOP).

Desta forma, foi possível propor um novo método de identificação dos riscos envolvidos na indústria em questão, que considera o conhecimento da área e dos processos relacionados à mesma de forma macro e micro, o entendimento das atividades executadas pelos operadores em sua rotina de trabalho, e as questões relacionadas à percepção de risco, assim como aponta a necessidade de medidas de controle e de monitoramento destes eventos.

A metodologia de gerenciamento de riscos corporativos COSO e o método HAZOP estão descritos a seguir de forma mais detalhada para um entendimento da utilização destes na proposta de ferramenta.

4.1 Gerenciamento de Riscos Corporativos - COSO

Esta metodologia aponta oito componentes que constituem o gerenciamento de risco corporativo, sendo estes: ambiente interno, fixação de objetivos, identificação de eventos, avaliação de riscos, resposta ao risco, atividades de controle, informações e comunicação, e monitoramento.

Apresenta-se a seguir, de forma simplificada, o que consiste cada um destes componentes, e posteriormente como foram utilizados de base para o piloto de ferramenta de gerenciamento de risco proposto neste trabalho.

Todas as informações foram retiradas da obra Gerenciamento de Riscos Corporativos – Estrutura Integrada, emitida pelo *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission (COSO)* em 2007.

4.1.1. Ambiente Interno

O ambiente interno consiste no conjunto de normas, processos e estruturas que fornece a base para o gerenciamento de risco na organização, e configuram os conceitos básicos sobre a forma como os riscos e os controles serão vistos e abordados (COSO, 2007). Este componente está ligado à filosofia administrativa da organização em relação ao risco, supervisão do conselho de administração, integridade e valores éticos, distribuição das alçadas, e competência e organização de pessoal (COSO, 2007).

4.1.2. Fixação de Objetivos

A existência de objetivos é necessária para que a administração seja capaz de identificar, avaliar e adotar medidas para gerenciamento dos riscos. Os objetivos estratégicos correspondem as metas gerais, alinhadas com a missão da organização, e ao considerar as alternativas para que estes objetivos sejam atingidos, identificam-se os riscos para seu êxito (COSO, 2007).

No gerenciamento de riscos corporativos, deve-se haver um entendimento em relação aos objetivos da organização por parte de todos os funcionários em todos os níveis, tendo clareza no trabalho que deve ser realizado (COSO, 2007).

4.1.3. Identificação de Eventos

Deve-se identificar os potenciais eventos e as incertezas associadas que afetarão a organização e determinar se são oportunidades ou se podem ter efeitos negativos (riscos) na capacidade de implementação das estratégias para se alcançar os objetivos (COSO, 2007). Ao se identificar o evento, a administração considera os fatores internos e externos que podem dar origem à riscos e as oportunidades (COSO, 2007).

A COSO (2007) sugere algumas técnicas de identificação de eventos como:

- Inventário de Eventos: relação detalhada de eventos em potencial comuns a um determinado ramo industrial.
- Indicadores preventivos de evento: monitoramento de dados que auxiliam na identificação das condições que poderiam dar origem aos eventos.
- Análise de fluxos de processo: considera os fatores externos e internos que afetam as entradas, tarefas, responsabilidade e saídas em um processo.

4.1.4. Avaliação de Riscos

A avaliação dos riscos deve ser feita considerando os eventos previstos, que são rotineiros, e os riscos em potencial de eventos imprevistos (COSO, 2007). Aplica-se a avaliação de riscos primeiramente aos riscos inerentes, que são aqueles

que serão enfrentados na falta de medidas que possam ser adotadas para alterar a probabilidades ou seus impactos, e posteriormente aos residuais que são aqueles que persistem mesmo após o desenvolvimento de respostas aos riscos (COSO, 2007).

A avaliação vem como uma forma de análise dos riscos com finalidade de determinar como estes serão administrados, bem como sua probabilidade e seu impacto (COSO, 2007).

4.1.5. Resposta ao risco

Após a avaliação dos riscos, a organização determina quais as possíveis respostas, selecionando o conjunto de ações destinadas a alinhar os riscos à tolerância e limites (COSO, 2007).

As repostas podem ser classificadas nas seguintes categorias: evitar, reduzir, compartilhar e aceitar. A opção “evitar” sugere que não se encontrou resposta para reduzir o impacto e a probabilidade de ocorrência a níveis aceitáveis. No caso de “reduzir” e “compartilhar”, o risco residual pode ser reduzido à níveis toleráveis. “Aceitar” significa que o risco inerente está dentro dos níveis toleráveis (COSO, 2007).

4.1.6. Atividades de Controle

As atividades de controle são políticas e procedimentos para assegurar a eficácia da resposta ao risco.

Há casos em que uma única atividade de controle aborda diversas respostas ao risco, e há casos em que diversos controles são usados para uma resposta ao risco (COSO, 2007).

4.1.7. Informações e comunicação

As informações relevantes devem ser identificadas, coletadas e comunicadas de forma eficaz à todos os envolvidos, a fim de permitir que as pessoas cumpram suas responsabilidades (COSO, 2007). Os empregados da linha de frente, que

tratam questões operacionais críticas, tem maior possibilidade de reconhecer problemas assim que surgem, e deve ser assegurada sua capacidade de passar a informação para todas as unidades (COSO, 2007).

4.1.8. Monitoramento

Considerando que o gerenciamento de risco pode modificar-se com o tempo, as respostas ao risco podem se tornar obsoletas, e há a necessidade de avaliação de seu funcionamento ao longo do tempo (COSO, 2007). Este acompanhamento pode ser realizado por atividades gerenciais contínuas de monitoramento, avaliações independentes (auditorias), ou um conjunto de ambas (COSO, 2007).

4.2 Análise de Riscos e Operabilidade (HAZOP)

O HAZOP consiste em uma técnica, introduzida pela primeira vez nos anos 70, por engenheiros da ICI *Chemicals* (CALIXTO, 2006), que busca propor medidas capazes de eliminar, mitigar ou controlar riscos a níveis aceitáveis, por meio da verificação e identificação de problemas, causa e consequências, na operação e na instalação de plantas, ou no processo produtivo (KAERCHER e DA LUZ, 2016).

Este método é vantajoso pela obrigatoriedade de uma avaliação das causas e efeitos em todo o processo, por meio de limites, denominados nós, que devem ser definidos por uma equipe interdisciplinar, que já conhece o processo, sua operação e o projeto, e onde cada profissional possa atuar em sua área específica (KAERCHER e DA LUZ, 2016; CALIXTO, 2006).

Segundo KAERCHER e DA LUZ (2016), para a execução do HAZOP, são necessários alguns documentos como:

- Fluxogramas de engenharia e fluxogramas de processo e balanço de materiais;
- Memorial descritivo;
- Folha de dados de todos os equipamentos da instalação;
- Dados de projeto de instrumentos, válvulas de controle, válvulas de alívio, discos de ruptura, etc;
- Especificações e padrões dos materiais das tubulações;

- Diagrama lógico de intertravamento, juntamente com descrição completa;
- Matrizes de causa e efeito;
- Diagrama unifilar elétrico;
- Especificações das utilidades, como vapor, água de refrigeração, ar comprimido, etc;
- Desenhos mostrando interfaces e conexões com outros equipamentos na fronteira da unidade/sistema analisado.

KAERCHER e DA LUZ (2016) apresentam também que o HAZOP fornece 3 principais resultados, sendo estes: a identificação dos desvios que possam gerar eventos perigosos ou problemas operacionais; a avaliação das consequências dos desvios para o processo; a análise dos meios possíveis para detecção e correção, ou mitigação dos efeitos dos desvios.

A execução do HAZOP é realizada, de forma simplificada, por meio das etapas de divisão da unidade/sistema em subsistemas, escolha do ponto (nó) de um dos subsistemas, investigação das palavras-guia para identificação de possíveis desvios nos nós, investigação das possíveis causas dos desvios, investigação do possível surgimento de novas causas, averiguação dos meios disponíveis para corrigir as causas dos desvios, e investigação da possível eliminação ou minimização das consequências do desvio (KAERCHER e DA LUZ, 2016; CALIXTO, 2006).

5. PROPOSTA DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RISCO

A definição de risco caminha entre diversas áreas do conhecimento, o que mostra a sua pluralidade, dificultando a comunicação entre os profissionais da área. Assim, torna-se importante a delimitação de uma medida da eficácia do gerenciamento de risco, seja na aplicação de métodos já existentes, ou na criação de novos métodos.

Nesse contexto, parte-se do pressuposto que a metodologia COSO pode contribuir para o gerenciamento de eventos em processos que representam riscos e oportunidades com potencial para prejudicar ou agregar valor à produção, e que levem a cenários acidentais, entendimento de suas causas e consequências, e formas de monitorá-los em unidades *offshore*.

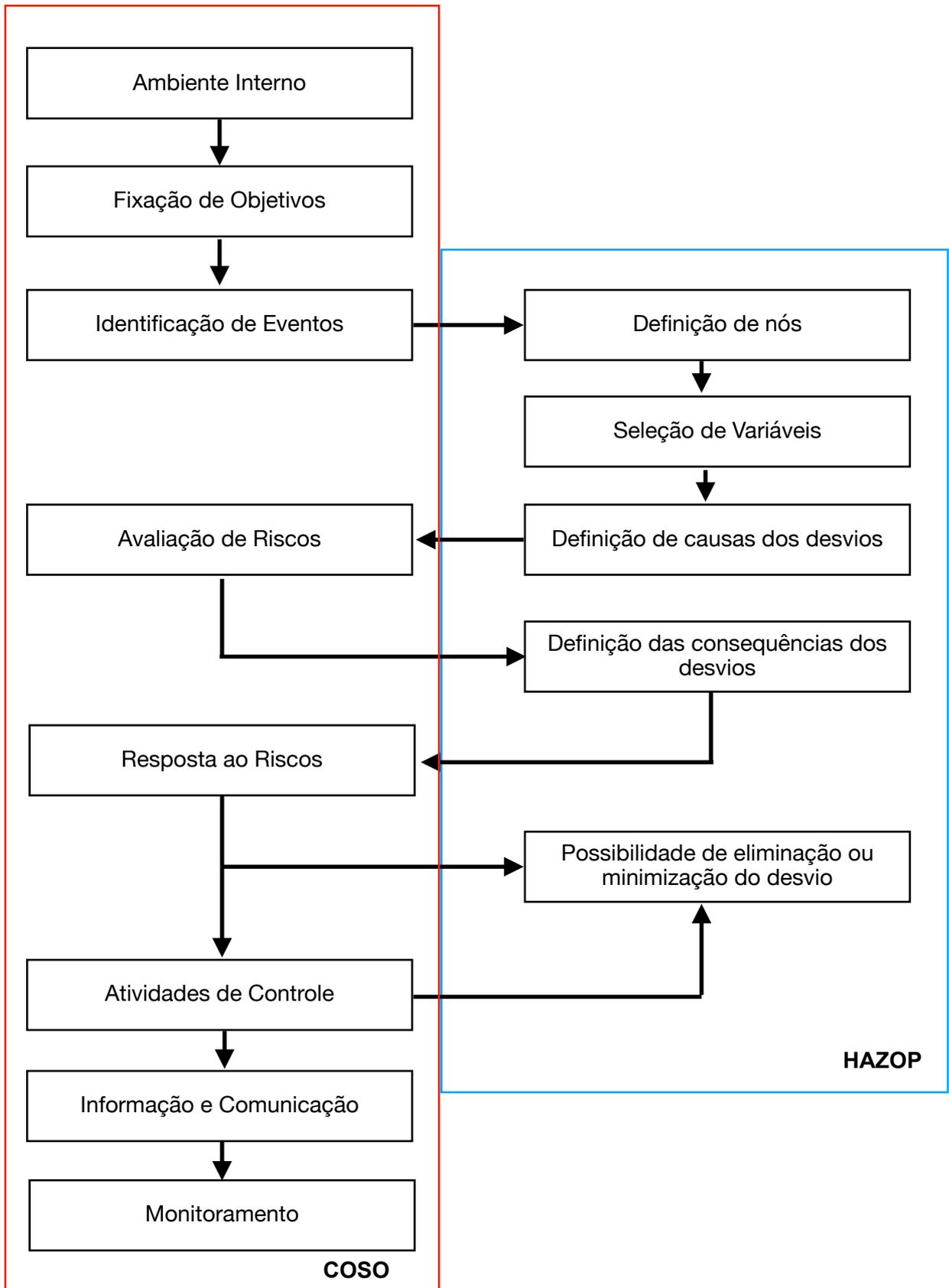
Já o método HAZOP vem como uma técnica que busca propor medidas que eliminem, mitiguem e controlem o risco a níveis aceitáveis, ou até mesmo a resolução do problema de operabilidade da instalação.

Pode-se observar que tanto na metodologia de gerenciamento de riscos corporativos COSO quanto na análise de riscos e operabilidade HAZOP, há técnicas que auxiliam na identificação e mitigação de eventos de riscos. Tais técnicas, em conjunto, serviram como base para a criação da proposta de uma nova ferramenta de gerenciamento de riscos, como exemplificado no fluxograma representado na figura 1.

Considerando que os resultados obtidos no gerenciamento de risco, seja na exploração ou produção, variam conforme cada organização, o tipo de estrutura *offshore*, projeto de poço, etc, percebe-se a necessidade de equipes com diferentes profissionais que possam identificar os eventos de risco em sua rotina de trabalho, mostrando que a percepção de risco deve estar inserida na cultura da empresa, como indicado no componente **ambiente interno**.

Logo, propõe-se que nesta primeira etapa se faça um levantamento da filosofia de gerenciamento de risco da organização, e como é a aculturação em relação a assumir o evento, seja este um risco ou uma oportunidade, o que está intimamente ligada aos seus valores éticos.

Figura 1 - Fluxograma da utilização da metodologia COSO e HAZOP na construção da ferramenta de gerenciamento de risco.



Fonte: elaboração própria, 2021.

Deve-se enfatizar também que no componente ambiente interno, a organização e competência dos funcionários em relação às atividades, assim como atualizações periódicas sobre suas áreas de atuação, são essenciais para o gerenciamento de risco. Na tabela 6 podemos encontrar questões que levem ao entendimento deste componente na organização.

Tabela 6 - Questionário referente ao ambiente interno da organização.

Componente	Questões
Ambiente Interno	Há um bom relacionamento interpessoal e um bom clima na organização?
	A organização possui um sistema de distribuição de tarefas e responsabilidades eficaz?
	A organização possui programa de ética e integridade?
	A organização possui uma política de treinamento de pessoal?
	A organização disponibiliza treinamentos, cursos e/ou seminários sobre gerenciamento de riscos?
	A organização disponibiliza atualização periódica sobre a questão de riscos?
	A organização disponibiliza manuais de procedimentos referentes à sua função?
A organização disponibiliza cursos e treinamentos de atualização em relação a sua função?	

Fonte: elaboração própria, 2021.

No geral, as empresas da indústria de petróleo *offshore* possuem missões e valores como “fornecer energia de forma responsável” ou “promover operações seguras e de alta qualidade para a indústria *offshore*”, que são as metas a serem alcançadas por meio da **fixação de objetivos**. A organização precisa acompanhar os eventos de risco que possam comprometer o alcance de seus objetivos. Além

disso, os objetivos em cada nível de organização precisam ser claros e servir de guia para os funcionários.

Tabela 7 - Questionário referente a fixação de objetivos da organização.

Componente	Questões
Fixação de Objetivos	Qual é a missão e o valor da empresa?
	As metas da organização foram repassadas de forma clara e objetiva?
	Há o entendimento dos objetivos traçados pela gestão da organização?
	Há entendimento de como a sua função colabora para o alcance dos objetivos da organização?
	Há o acompanhamento das suas tarefas, por parte da gestão, para verificar se estão alinhadas com o objetivo da organização?
	Há disponibilidade de ferramentas e conhecimentos necessários para o alcance dos objetivos traçados pela organização?

Fonte: elaboração própria, 2021.

As duas etapas citadas anteriormente estabelecem um panorama de como o gerenciamento de risco está sendo empregado em todos os níveis organizacionais, garantindo a integridade da aplicação de uma ferramenta para identificação e mitigação dos riscos já existentes e futuros. Os questionários foram elaborados com base nos conceitos, informações e diretrizes da COSO (2007), e nos estudos de PÉRTILE et al. (2013).

Para assegurar a **identificação dos eventos de risco** envolvidos nas operações em questão, é necessário o conhecimento da área e dos processos relacionados à mesma, de forma macro e micro. Há diversas técnicas utilizadas para a identificação de um risco, e aqui será utilizada a “Definição de Nós” em conjunto com mapeamento de riscos pelo agrupamento das atividades em *clusters*, permitindo uma posterior construção de um mapa de risco.

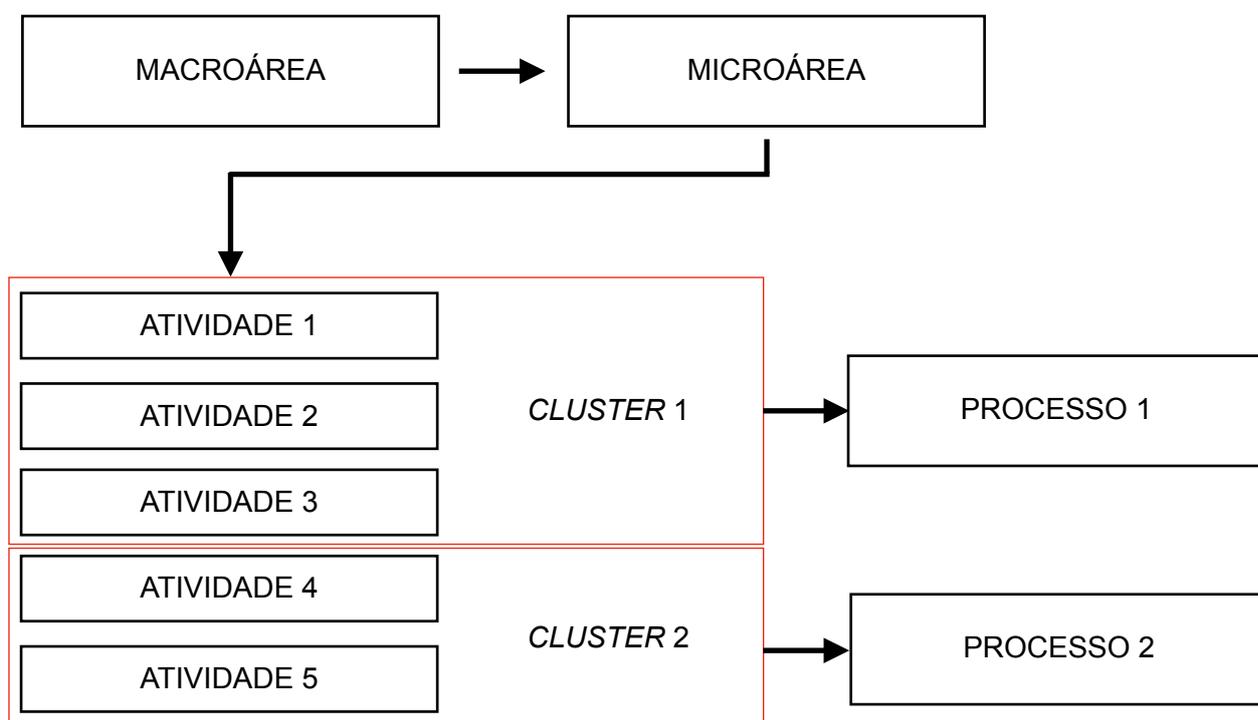
O mapa de risco consiste na representação gráfica dos riscos associados a um processo, representando de forma detalhada a lógica do processo, as etapas e os envolvidos.

Nesta proposta de ferramenta de gerenciamento de risco sugere-se que o mapeamento seja realizado da seguinte forma:

Primeiro deve-se identificar em qual das macroáreas conhecidas da indústria, como por exemplo, Perfuração de Poços, Completação, Produção do Petróleo, Refino, etc, a operação está inserida. Posteriormente, deve-se delimitar áreas menores dentro das identificadas anteriormente.

Uma vez contextualizada a área de interesse, pode-se realizar o levantamento das atividades que são desenvolvidas pelos profissionais, e o agrupamento das mesmas em *clusters*, permitindo a identificação de processos, como exemplificado abaixo.

Figura 2 - Fluxograma de mapeamento de processo.



Fonte: elaboração própria, 2021.

Após a identificação dos processos, pode-se aplicar a definição de nós, que na metodologia HAZOP são pontos de estudo específicos em projetos de plantas. Neste caso, como estamos falando também de operações que não são restritas

apenas a plantas de produção, utiliza-se a definição de nós para identificação de objetos de estudos nos processos levantados.

Após a identificação dos nós, deve-se prosseguir com a identificação dos possíveis desvios, relacionando palavras-chave com parâmetros a serem analisados. A tabela 8 apresenta alguns exemplos de palavras-chave e parâmetros que são utilizados no HAZOP e podem ser utilizados nesta ferramenta. O modelo de planilha de identificação de desvios apresentada na figura 3 tem como base a planilha utilizada no HAZOP.

Figura 3 - Modelo de planilha de identificação de desvios.

Empresa:		
Funcionário:		Processo:
Nó:		Parâmetros:
Desvios	Causas	Efeitos

Fonte: elaboração própria, 2021.

Tabela 8 - Lista de Desvios para HAZOP de processos contínuos.

Parâmetros	Palavra-Chave	Possível Desvio
Nível de Fluxo	Nenhum Menos Mais Reverso Também	Nenhum fluxo Menos fluxo Mais fluxo Fluxo reverso Contaminação
Nível de Pressão	Menos Mais	Pressão baixa Pressão alta
Nível de Temperatura	Menos Mais	Temperatura baixa Temperatura alta
Nível	Menos Mais	Nível baixo Nível alto
Nível de Viscosidade	Menos Mais	Viscosidade baixa Viscosidade alta
Nível de Reação	Nenhum Menos Mais Reverso Também	Nenhuma reação Reação incompleta Reação descontrolada Reação reversa Reação secundária

Fonte: extraído de Kaercher e da Luz, 2016.

A identificação dos desvios permite o entendimento de quais são os eventos de risco associados às atividades realizadas na operação, dando início ao levantamento de seus impactos, e à etapa de **avaliação de risco**.

Com o levantamento das informações, será possível construir um mapa de calor (Figura 4) classificando os riscos pelo seu grau de impacto e seu controle, que pode ser chamado de Mapa de Riscos, auxiliando no entendimento do panorama central da gestão de riscos em instalações *offshore* e na proposta de medidas de controle e prevenção.

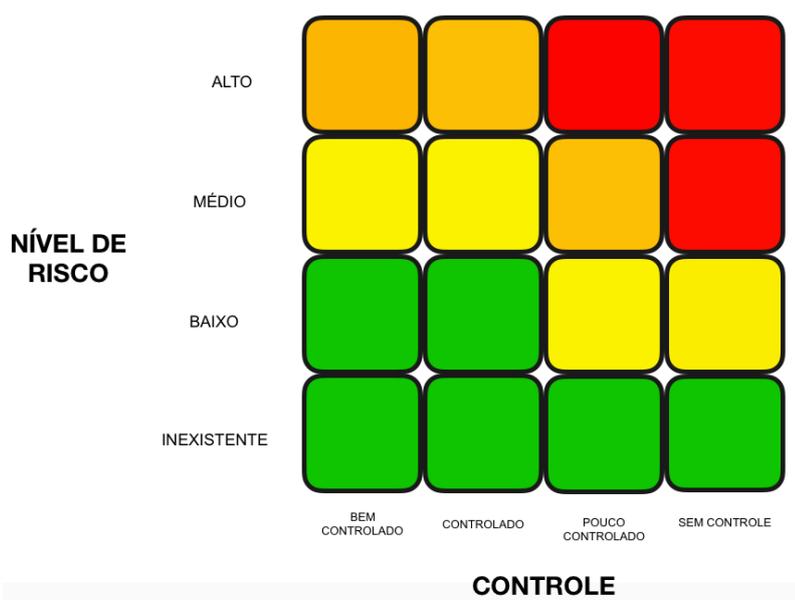
No método HAZOP, utiliza-se nos eixos do mapa de calor a probabilidade de ocorrência do evento, dividida em improvável, remoto, ocasional, provável e

frequente, em conjunto com a severidade de risco, dividido em catastrófica, crítica, moderada e baixa.

Nesta proposta de ferramenta, indica-se que a avaliação seja feita pelo profissional conforme sua percepção do grau de impacto, dividido em inexistente, baixo, médio e alto, e a existência de medidas de controle para riscos que já são rotineiros e os potenciais, caso se materializem, sendo bem controlado, controlado, pouco controlado ou sem controle.

Optou-se por utilizar o controle do risco, no lugar de probabilidade, para que se possa visualizar com mais clareza quais os eventos precisam de mais atenção, e de desenvolvimento de medidas preventivas e mitigadoras em suas ocorrências.

Figura 4 - Mapa de Calor.



Fonte: elaboração própria, 2021.

Para ilustrar o funcionamento da metodologia, dá-se o seguinte exemplo fictício:

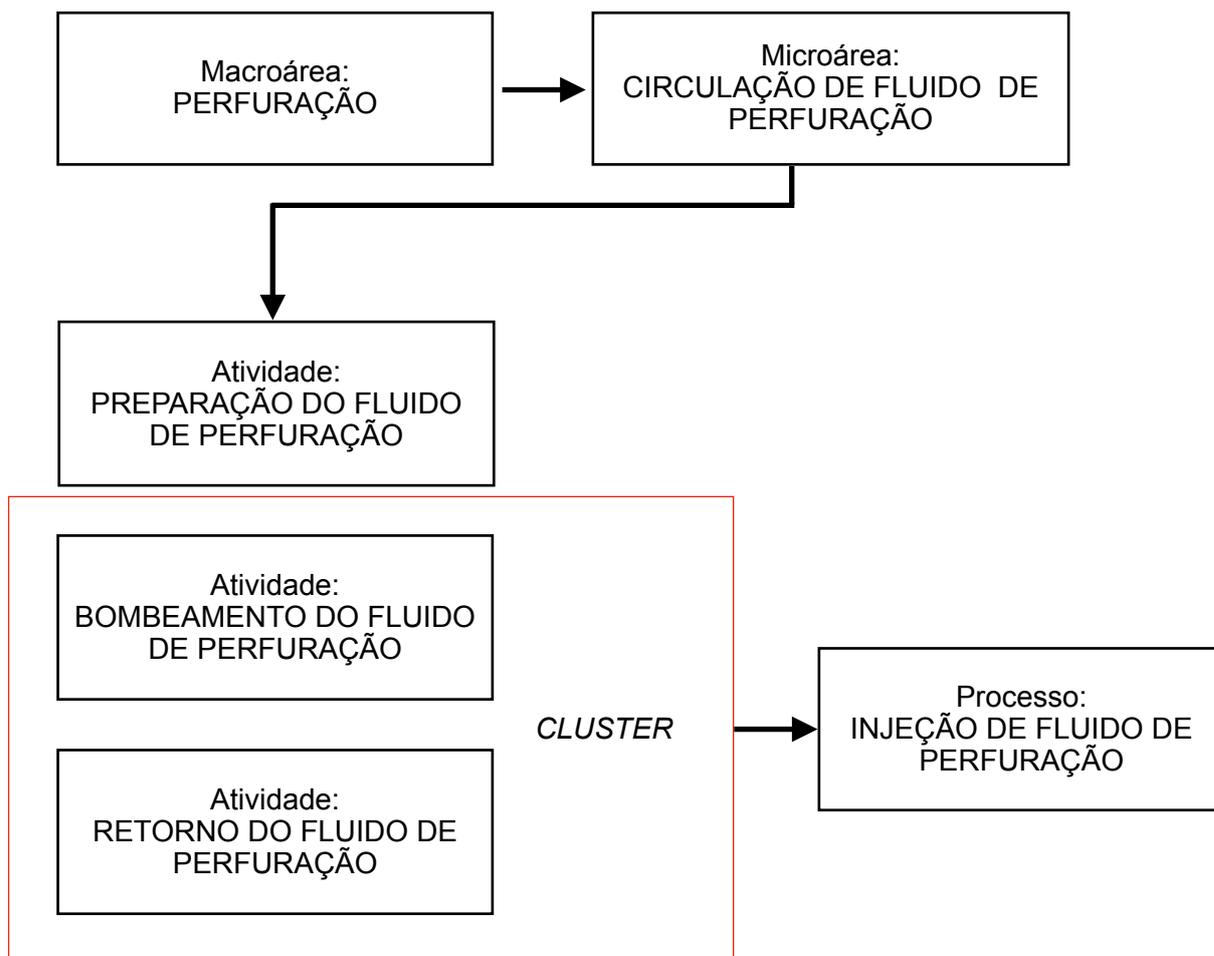
Macroárea identificada - Perfuração.

Microárea escolhida - Circulação de Fluido de Perfuração

Atividades Associadas - Preparação do Fluido de perfuração; Bombeamento do Fluido de Perfuração; Retorno do Fluido de Perfuração, etc;

Considerando as atividades bombeamento do Fluido de Perfuração e retorno do Fluido de Perfuração, podemos identificar o processo Injeção de Fluido de Perfuração.

Figura 5 - Exemplo de fluxograma de mapeamento de processo.



Fonte: elaboração própria, 2021.

O risco associado ao processo pode ser a perda de fluido para a formação, identificado pela palavra-chave e parâmetro - menos fluxo (Figura 6).

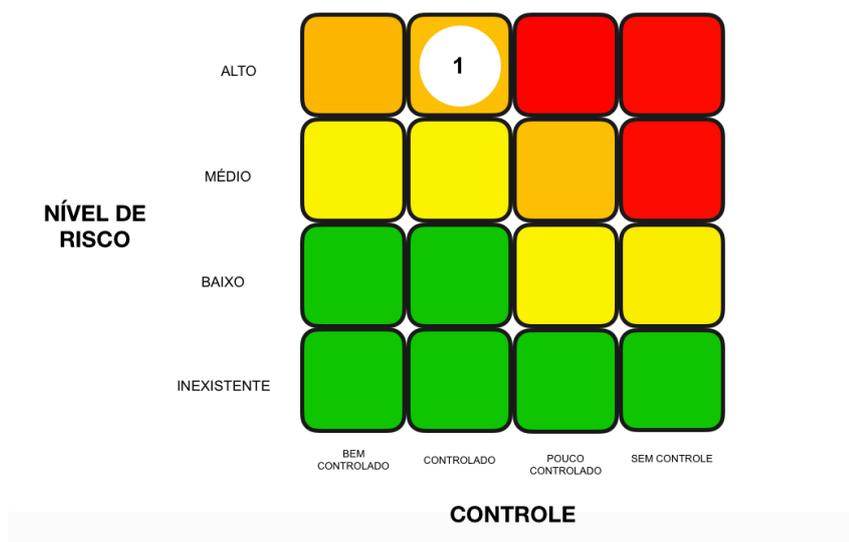
Uma vez identificado o risco, o profissional da área fará a classificação segundo o nível e o controle existente para o mesmo. Caso o risco de perda de fluido para a formação for considerado de alto impacto, porém podendo ser controlado sem que haja grandes danos, este seria plotado conforme a figura 7.

Figura 6 - Exemplo de planilha de identificação de desvios.

Empresa: Fictícia		
Funcionário: Fulano		Processo: Injeção de Fluido de Perfuração
Nó: Saída do fluido pelos orifícios da broca e retorno pelo anular		Parâmetros: Nível de Fluxo
Desvios Menos Fluxo - retorno parcial de fluido para a superfície	Causas Fissuras Pré-existentes na Rocha; Formações inconsolidadas; Elevado Peso de Fluido de Perfuração.	Efeitos Danos severos à formação ao redor do poço; Redução de produtividade do poço.

Fonte: elaboração própria, 2021.

Figura 7 - Proposta de modelo de Mapa de Calor com plotagem de risco.



Fonte: elaboração própria, 2021.

Depois de identificados todos os riscos inerentes ao processo, pode-se construir outro mapa de calor, chamado de Mapa de Processos, plotando o processo em questão de acordo com a quantidade de riscos que possui e a posição dos mesmos no mapa de riscos. A plotagem dos processos no mapa deve ser feita

considerando o total de riscos ponderados pelo peso do impacto e controle, dividido pelo total de riscos. Os pesos propostos encontram-se na tabela 9.

$$\frac{\text{Total de riscos ponderados pelo peso do impacto e controle}}{\text{Total de Risco}}$$

Tabela 9 - Pesos propostos para o impacto e controle na plotagem de processos.

Quadrante	Peso
Alto x Sem Controle	4
Alto x Pouco Controlado	4
Médio x Sem Controle	4
Alto x Controlado	3
Alto x Bem Controlado	3
Médio x Pouco Controlado	3
Médio x Controlado	2
Médio x Bem Controlado	2
Baixo x Sem Controle	2
Baixo x Pouco Controlado	2
Baixo x Controlado	1
Baixo x Bem Controlado	1
Inexistente x Sem Controle	1
Inexistente x Pouco Controlado	1
Inexistente x Controlado	1
Inexistente x Bem Controlado	1

Fonte: elaboração própria, 2021.

Uma vez calculada a divisão do total de riscos ponderados pelo peso do impacto e controle e o total de riscos, a plotagem do processo deve ocorrer conforme apresentado na tabela 10.

Considerando o exemplo fictício do processo de injeção de fluido de perfuração descrito anteriormente, caso fossem identificados mais outros 7 riscos além da perda de fluido para a formação sendo divididos em: 6 riscos no Alto x

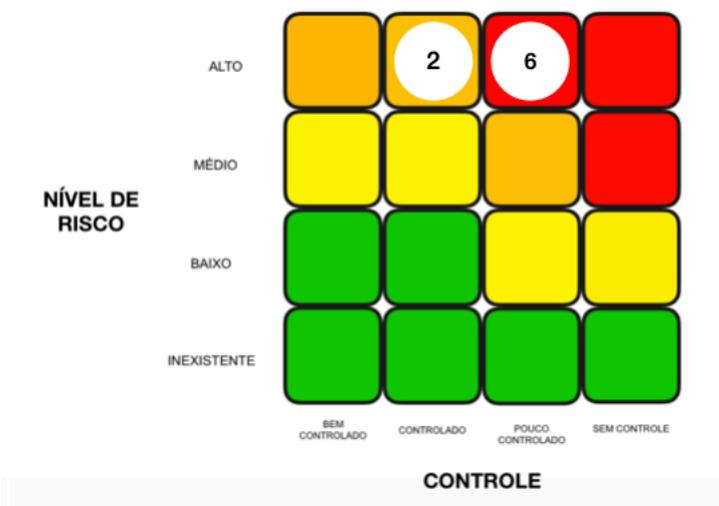
Pouco Controlado e 2 riscos no Alto x Controlado, pode-se construir o mapa de calor de risco apresentado na figura 8 e posteriormente o mapa de calor de processos representado na figura 9.

Tabela 10 - Proposta de plotagem de processos conforme divisão do total de riscos ponderados pelo peso do impacto e controle e o total de riscos.

Quadrante	Resultado
Vermelho	3,5 - 4
Laranja	2,5 - 3,4
Amarelo	1,5 - 2,4
Verde	1 - 1,4

Fonte: elaboração própria, 2021.

Figura 8 - Exemplo de Mapa de Calor com plotagem de riscos.



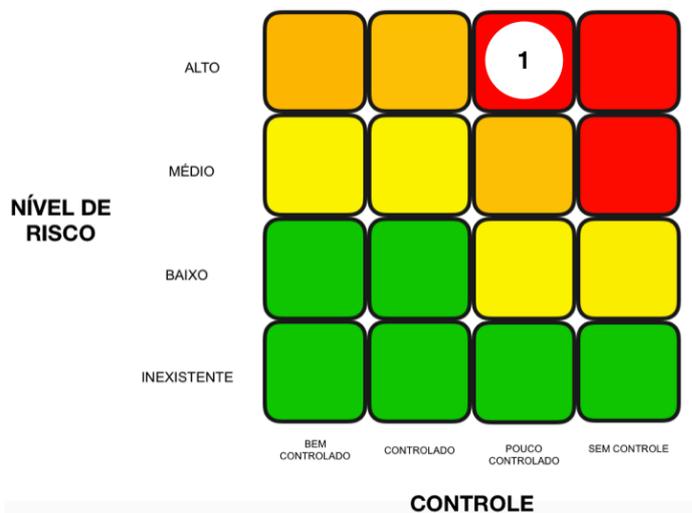
Fonte: elaboração própria, 2021.

Neste caso, a divisão do total de riscos ponderados pelo peso do impacto e controle e o total de riscos seria 3,75, indicando a plotagem no quadrante vermelho.

$$\frac{(2 \times 3) + (6 \times 4)}{10} = 3,75$$

Para trabalhos futuros, indica-se a elaboração detalhada de um modelo matemático para plotagem do quadrante com mais precisão.

Figura 9 - Exemplo de Mapa de Calor com plotagem de processo.



Fonte: elaboração própria, 2021.

Depois de todo o processo de avaliação, a organização fica responsável por definir quais serão as **respostas aos riscos**, ou seja, o conjunto de ações para tentar reduzir os impactos e a probabilidade de ocorrência, possibilitando a diminuição e eliminação dos desvios encontrados. Nesta etapa, em conjunto com a etapa **atividades de Controle**, para a ferramenta, recomenda-se não só um estudo de melhoria em falhas encontradas nos processos, mas também o levantamento de medidas que melhorem o ambiente de controle. O melhor cenário do mapa de calor é aquele em que os riscos e processos, independente do seu nível de impacto estejam no quadrante Controlado ou Bem Controlado, ou seja, a organização deve trabalhar continuamente em repostas e controles para migrar os processos que estiverem no quadrante vermelho.

A **comunicação** deve funcionar horizontalmente durante todo o processo, de forma clara e objetiva, permitindo que todos cumpram suas responsabilidades, e agilizando a tomada de decisão em casos de emergência.

Por fim, considerando o dinamismo de processos, o surgimento de novos riscos, e possível obsolescência de planos de controle, é necessária a definição de planos de **monitoramento**, que conforme indicado na COSO, podem ser realizados pela organização, em conjunto com Auditoria Interna, ou até mesmo contratação de Auditoria Externa que faça uma análise independente.

6. CONCLUSÃO

Durante a elaboração do trabalho foram levantados os vários acidentes ocorridos na exploração, produção e transporte de petróleo, em ambiente *offshore*, com identificação das causas e consequências. Pode-se identificar que, durante a década de 70, o número de acidentes envolvendo navios-tanque foi maior do que nas demais décadas, mostrando o quanto estes acidentes causam impactos ambientais, econômicos e sociais, em costas e portos. A ocorrência destes acidentes, geralmente, geram como resposta a criação e aperfeiçoamento de regulamentações, seja em âmbito nacional ou internacional, assim como aprimoramento de procedimentos operacionais e tecnologias de monitoramento dos processos envolvidos.

Vê-se a importância deste trabalho na proposta de uma ferramenta de risco que incorpore técnicas já existentes e consolidadas, proporcionando uma identificação, avaliação e controle eficaz dos riscos já existente nas atividades de operação, e aqueles em potencial. A metodologia COSO, apesar de ser voltada para riscos corporativos, contribui com um *framework* robusto de gerenciamento de risco para entendimento da percepção de risco dentro da organização, e identificação de eventos em processos que possam prejudicar a produção, assim como avaliação, resposta, controle e monitoramento destes eventos. Em complemento, o HAZOP já é uma técnica consolidada na indústria, e proporciona uma metodologia de identificação e adoção de medidas que eliminem, mitiguem e controlem o risco a níveis aceitáveis.

Para trabalhos futuros, indica-se a aplicação da metodologia proposta, a fim de testar a ferramenta de forma que auxilie os gestores no estudo de medidas mitigadoras, diminuição da probabilidade de ocorrência de novos acidentes e que reduzam falhas em processos desta indústria.

7. REFERÊNCIAS

BARSTOW, A; ROHDE, D; SAUL, S. Deepwater Horizon's Final Hours. The New York Times, Nova Iorque, 25 dez. 2010. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2010/12/26/us/26spill.html?pagewanted=all>>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CALIXTO, E. Uma metodologia para gerenciamento de risco em empreendimentos: Um estudo de caso na Indústria de petróleo. In: XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza. **Artigo**. ABEPRO. Disponível em: <www.abepro.org.br>. Acesso em: 15 jul. 2020.

CEDRE (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution). 2019. Disponível em: <<http://wwz.cedre.fr/en/>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Piores Acidentes Internacionais. 2012. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/Principais-acidentes-internacionais.pdf>>. Acesso em: 15 nov. de 2020.

COSO - Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. **Gerenciamento de Riscos na Empresa – Estrutura Integrada: Sumário Executivo e Estrutura**. Nova Jersey. 2007.

FRANÇA, J. E. M. **Alocação de fatores humanos no Gerenciamento de Riscos de sistemas complexos de offshore**. 2014. 159p. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1261.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2020.

ITOPF (The International Tanker Owners Pollution Federation Limited). **Oil Tanker Spill Statistics**. 2018. Disponível em: <http://www.itopf.com/fileadmin/data/Documents/Company_Lit/Oil_Spill_Stats_2014FINALlowres.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2020.

KAERCHER, A. R.; DA LUZ, D. F. **Gerenciamento de Riscos: do Ponto de Vista da Gestão de Produção**. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.

MATOS, J. S. G. C. **Aplicação do HAZOP dinâmico na Avaliação de Perigo Operacional em uma coluna de destilação de uma planta de separação de ar.** 2009. 96p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.tpqb.eq.ufrj.br/download/aplicacao-do-hazop-dinamico.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2020.

MARTINS, E. M. O. Responsabilidade Internacional e Poluição Marinha. Revista CEJ, Brasília, n. 29, p.27-37, abr./jun. 2005. Disponível: <<http://www2.cjf.jus.br/ojs2/index.php/revcej/article/view/659/839>>. Acesso em: 16 nov. 2020.

MELLO, A. J. P. Considerações legais sobre elaboração de um plano de contingência para vazamento de óleo no Brasil. **Revista Vértices**, Rio de Janeiro, v.8, n.1/3, p. 47-52, jan./ dez., 2005.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2019. Disponível em: <<http://www.noaa.gov/>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

PÉRTILE, R. T. N.; DEDONATTO, O. MAZZIONI, S.; KRUGER, S. D.; ZANIN, A. Aplicação do Modelo COSO ERM no Gerenciamento dos Controles Internos em uma Universidade Comunitária. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 24, p. 53-71, 2013.

REIS, H. J.; KOMESU, A.; PENTEADO, E. D.; DINIZ, A. A. R.; Acidentes na exploração e transporte de petróleo em ambiente offshore: causas, consequências e aprendizados. In: Rio Oil & Gás Expo and Conference, 2020, Rio de Janeiro. **Trabalho Técnico**. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás.

ROSA, A. J.; CARVALHO, R. S.; XAVIER, J. A. D. **Engenharia de Reservatórios de Petróleo**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006.

SANTOS, W. L.; THEOBALD, R. Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP) em uma planta piloto de desestabilização de emulsões de Petróleo via micro-ondas. In: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, BA, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_180_028_23092.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.

SOUZA FILHO, A. M. **Planos Nacionais de Contingência para atendimento a derramamento de Óleo**: análise da experiência de países representativos das Américas para implantação no caso do Brasil. 2006. 227p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/amfilho.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 202-.

SCALASSARA, L. M. **Poluição Marinha e Proteção Jurídica Internacional**. Curitiba: Juruá, 2008.

Technical Paper

Acidentes na exploração e transporte de petróleo em ambiente offshore: causas, consequências e aprendizados

Accidents in the exploitation and transportation of offshore oil: causes, consequences and learning

Henrique Jalain Reis ¹ | Andrea Komesu ² | Eduardo Delloso Penteadó ³ | Anthony Andrey Ramalho Diniz ⁴

1. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, CIÊNCIAS DO MAR, . SANTOS - SP - BRASIL, henrique.jalain@unifesp.br 2. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, CIÊNCIAS DO MAR, . SANTOS - SP - BRASIL, andrea_komesu@hotmail.com 3. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, CIÊNCIAS DO MAR, . SANTOS - SP - BRASIL, edpenteadó@gmail.com 4. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, CIÊNCIAS DO MAR, . SANTOS - SP - BRASIL, anthony_andrey@yahoo.com

Resumo

A cadeia de produção da indústria offshore do petróleo, que engloba a busca por hidrocarbonetos, a construção dos poços submarinos, e até a produção e elevação à plataforma, por si só, apresenta diversos impactos inerentes e uma série de riscos associados. Uma vez que o óleo chega ao topo da plataforma, operações de processamento, armazenamento e transporte, tanto por plantas de processo e tubulações, quanto por navios petroleiros, envolvem manuseio de produtos insalubres, inflamáveis e sujeitos a altas temperaturas e pressões. Com o crescimento da produção de petróleo no Brasil, a configuração dos processos torna-se cada vez mais complexa. Diante deste cenário, percebe-se que a falha no gerenciamento de procedimentos e processos pode causar acidentes com graves impactos, não só ambientais, como também humanos e econômicos, contribuindo para aumento da preocupação nacional e internacional da gestão de riscos. Desta forma, este trabalho apresenta uma análise dos principais acidentes que ocorreram, tanto com plataformas como com navios petroleiros, ao longo da história, com o intuito de colaborar no entendimento das causas e consequências de desastres, mostrando que o gerenciamento de risco é essencial na previsão e formas de mitigação de possíveis danos propagados nas atividades de transporte, processamento e tratamento de petróleo.

Palavras-chave: acidentes petrolíferos. gerenciamento de risco. impactos ambientais

Abstract

The supply chain of offshore oil, which includes the hydrocarbons exploration, the subsea wells construction, along with the production and lift to the platform, has several inherent impacts and a variety of associated risks. Once the oil reaches the top of the platform, the operations of processing, storage and transportation by chemical processes, pipelines and oil tankers, involve unhealthy products handling, flammable and are performed under high pressure and temperature. With the growth of the oil production in Brazil, the processes configuration become increasingly complex. Towards that scenario, the failure in procedures and process management may cause accidents with serious environment, economics and human impacts, increasing the national and international risk management concerns. Therefore, this paper presents and analyzes the main accidents that occurred in platforms and oil tankers throughout history, in order to collaborate with the understanding of the disasters' causes and consequences, showing how important the risk management is to prevent and mitigate potential damage due to transportation, processing and treatment of oil.

Keywords: Oil accidents. risk management. environmental impacts

Received: March 15, 2020 | **Accepted:** Jun 06, 2020 | **Available online:** Dec. 01, 2020.

Article n°: 519

Cite as: Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2020 (20)

DOI: <https://doi.org/10.48072/2525-7579.rog.2020.519>

1. Introdução

A exportação de petróleo teve seu início em 1861, com o navio Elizabeth Watts, como aponta Souza Filho (2006). Essa movimentação de embarcações evoluiu rapidamente em termos de quantidade e da capacidade de volume transportado, o que trouxe o aumento na incidência de acidentes envolvendo navios, principalmente petroleiros.

No geral, os acidentes ocorridos em plataformas são eventos com consequências trágicas, como os ocorridos nas plataformas Piper Alpha, no Mar do Norte (1988) e Deepwater Horizon, no Golfo do México (2010), indicados por França (2014) como eventos que requerem ações efetivas para prevenir suas ocorrências.

Com intuito de minimizar esses impactos causados por possíveis vazamentos, Pedrosa (2012) indica que há a necessidade de implantação de medidas de prevenção e controle, podendo ser pela adoção de convenções internacionais e/ou planos de contingências. Estas convenções, a exemplo da Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo (CLC), em 1969; Convenção para prevenção de Poluição proveniente de Navios – [Marine Pollution] (MARPOL), em 1973/1978; Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS), em 1982; e a Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por óleo (OPRC), em 1990; dentre outras, passaram a ser realizadas, internacionalmente, principalmente a partir da década de 70, com foco em Segurança Marítima, Responsabilidade Civil, e Preparo/Respostas a acidentes.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os acidentes mais significativos, nos últimos anos, pela quantidade de óleo derramado, pelos impactos econômicos e socioambientais, ou pela sua complexidade de controle e contenção, assim como suas principais causas, para que sirvam como referência para prevenção de futuras ocorrências similares, com enfoque nas perdas ocasionadas pelas falhas no gerenciamento de processos.

2. Metodologia

Para alcançar o objetivo, foi realizado um levantamento bibliográfico dos acidentes relacionados ao transporte e exploração de petróleo offshore, utilizando informações de centros como CEDRE (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), e ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation). A partir das informações coletadas, foi possível identificar o ano da ocorrência, o tipo de óleo e o volume vazado em ton convertido para bbl (fator de conversão 1 ton equivalente a 7,33 bbl) e, conseqüentemente, comparar os principais acidentes da indústria e as causas dos mesmos.

Ao se optar pelo uso de um fator médio de conversão para todos os dados em tonelada, desconsiderando que cada tipo de óleo vazado possui diferente densidade, os volumes estimados, em barris de óleo, podem algumas imprecisões. Para futuros estudos, espera-se realizar uma análise mais detalhada, levando em consideração densidades médias de cada tipo de óleo indicado, chegando a estimativas de volumes mais precisas.

3. Acidentes petrolíferos

Utilizando a base de dados criada com o levantamento de acidentes que ocorreram nos últimos anos, apresenta-se, na Tabela 1, um compilado dos maiores acidentes envolvendo navios petroleiros, utilizando como critério de classificação o volume transportado, tendo o produto vazado ou queimado, em Portos, perto da costa ou offshore e, posteriormente, na Tabela 2, alguns acidentes em plataformas.

3.1. Acidentes com navios-petroleiros

Apesar de encontrados relatos de vazamentos desde 1940, o primeiro grande vazamento de óleo ocorreu em 1967, nas Ilhas Scillys, Reino Unido, com o navio petroleiro Torrey Canyon, resultando em um vazamento estimado entre 857,6 mil e 872,3 mil barris de óleo cru, sendo este também o primeiro desastre do tipo de grande repercussão midiática. Chen, Zhang, Wan, Li, Huang e Fei (2019) afirmam que este acidente impulsionou a criação da Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, 1969 (CLC), assegurando a compensação adequadas em caso de danos, e da Convenção para prevenção de Poluição proveniente de Navios – [Marine Pollution], 1973 (MARPOL), posteriormente modificada pelo protocolo de 1978, promovendo a prevenção da poluição do ambiente marinho, decorrente de descargas de substância nocivas ou de efluentes.

Vale ressaltar que, para alguns acidentes, conforme a fonte consultada, há divergência nos valores de volume vazado, assim, os valores informados contemplam as informações disponibilizadas nas múltiplas fontes escolhidas para este trabalho, apresentadas em valores aproximados. Conforme as informações disponibilizadas pela International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF), a descrição do ocorrido nos principais acidentes com navio-petroleiro pode ser encontrada a seguir.

Tabela 1 – Maiores acidentes de derramamento de óleo envolvendo navios petroleiros

Ano	Nome	Local	Causa	Tipo de óleo	Volume vazado x 10 ³ (bbl)
1967	Torrey Canyon	Inglaterra	encalhe	Kuwait	857,6 - 872,3
1968	World Glory	África do Sul	condições meteorológicas	Kuwait	334
1970	Othello	Suécia	colisão	IFO 380	440 - 733
1972	Sea Star	Omã	colisão	Indonesian	843

1974	Metula	Chile	encalhe	Arabian Light e Bunker C	370
1975	Jakob Maersk	Portugal	encalhe	Iranian Light e Bunker C	645
1976	Urquiola	Espanha	encalhe	Arabian Light	733
1977	Hawaiian Patriot	Havaí (EUA)	condições meteorológicas	Light Indonesian	725
1978	Amoco Cadiz	França	condições meteorológicas/ danos na estrutura	Iranian Light, Arabian Light e Bunker C	1664
1978	Andros Patria	Espanha	explosão	Iranian Heavy	440
1979	Atlantic Empress/ Aegean Captain	Caribe	colisão	óleo cru	2000 – 2104
1979	Independenta	Turquia	colisão	ES Sider e Bunker	690
1980	Irenes Serenade	Grécia	explosão	Kirkuk Blend	752
1983	Castillo de Bellver	África do Sul	explosão/incêndio	Murban e Upper Zakum	1100 – 1847
1985	NOVA	Irã	colisão	Iranian Light	513
1987	Exxon Valdez	Alasca (EUA)	encalhe	Alaska North Slope	271-282
1988	Odyssey	Canadá	condições meteorológicas	North Sea Brent	969
1989	Khark 5	Ilhas Canárias	condições meteorológicas	Iranian Heavy	513
1991	ABT Summer	Angola	explosão	Iranian Heavy	322 – 1905

1991	Haven	Itália	explosão	Iranian Heavy	1055,5
1992	Aegean Sea	Espanha	encalhe	North Sea Brent	490-535
1992	Katina P.	Moçambique	condições meteorológicas	Bunker C	489
1993	Braer	Escócia	condições meteorológicas/ encalhe	Norwegian Gullfaks e Bunker	632
1996	Sea Empress	Reino Unido	encalhe	Forties Blend e combustível pesado	530
2002	Prestige	Espanha	danos na estrutura	combustível pesado (n. 2, M100)	462 – 469
2018	MT Sanchi	China Japão	condições meteorológicas/ colisão	condensado, Bunker e IFO 380	828 - 1019

Fonte: ITOPF (2019); NOAA (2020); CEDRE (2019).

Em 1972, o navio-petroleiro sul coreano Sea Star colidiu com o navio brasileiro Horta Barbosa, no Golfo de Omã, causando a morte de 12 pessoas, após sua explosão, e o derramamento de aproximadamente 843 mil barris de óleo cru indonésio.

Em 1975, o navio-petroleiro dinamarquês Jakob Maersk, carregando aproximadamente 645 mil barris de óleo cru Iranian Light e óleo combustível Bunker, encalhou no porto de Leixões em Portugal, o que ocasionou danos nos tanques de carga e consequente explosão, resultando na morte de 7 membros da tripulação.

Em 1976, o navio-petroleiro Urquiola encalhou, ao entrar no Porto de La Coruña, e, ao sair, como tentativa de deixar o porto para reparos e diminuir risco de explosão, ocasionando múltiplas explosões, a morte de 1 pessoa, e o derramamento de aproximadamente 733 mil barris de óleo cru Arabian Light.

No ano seguinte, ocorreu o acidente com o navio-petroleiro Hawaiian Patriot, próximo da costa do Haváí, como consequência de uma tempestade na região. O navio, transportando 725 mil barris de óleo, pegou fogo e explodiu, queimando durante horas e afundando em seguida, causando a morte de 1 pessoa.

Em 1978 ocorreu o vazamento de mais de 1 milhão e 600 mil barris de óleo cru Iranian Light, Arabian Light e óleo combustível Bunker C do navio-petroleiro Amoco Cadiz, na França.

Devido à uma falha no sistema hidráulico, em péssimas condições meteorológicas, múltiplos tanques se romperam, poluindo mais de 300 km da linha de costa e causando a morte de diversos pássaros, e outros animais, afetando também o cultivo de ostras, a pesca, e o turismo, sendo considerado o maior acidente resultante em grande perda de biodiversidade marinha até aquele momento.

Nos anos subsequentes ocorreram grandes acidentes, como, por exemplo, a colisão entre os petroleiros Atlantic Empress e Aegean Captain, em 1979, resultando no derramamento estimado em 2,1 milhões de óleo cru no Caribe, sendo o maior em volume vazado. No mesmo ano, o navio Independenta, carregando aproximadamente 690 mil barris de óleo cru líbio ES Sider e uma pequena quantidade de combustível Bunker pesado, colidiu com o navio Evriali na entrada do estreito Bósforo na Turquia, causando a morte de 42 pessoas.

Durante a década de 80 ocorreram acidentes de grandes proporções, no quesito volume vazado, como a explosão do navio petroleiro Castillo de Bellver, em 1983, na África do Sul, que carregava um valor entre 1,1 e 1,8 milhão de barris de óleo cru do tipo Murban e Upper Zakum. No mesmo ano, em menores proporções em volume, também ocorreu a explosão do navio Irene Serenade, na Grécia, carregando aproximadamente 752 mil barris de óleo cru iraquiano Kirkuk Blend.

Em 1985 ocorreu a colisão entre os navios-tanque NOVA e Magnum, no Golfo do Irã, sendo reportado que o acidente ocorreu por falta de sinalização em ambos os navios, causando o derramamento de aproximadamente 513 barris de óleo cru Iranian Light. Já em 1988, ocorre o acidente com o navio-petroleiro Odyssey, carregado com aproximadamente 967 mil barris de óleo cru North Sea Brent devido à uma tempestade no Atlântico Norte, perto da Costa do Canadá, fazendo com que o navio se partisse em dois.

Em 1989, um acidente de destaque foi o ocorrido com o navio Khark 5, danificado durante uma tempestade, causando explosões e incêndios, e o consequente derramamento de aproximadamente 513 mil barris de óleo cru Iranian Heavy próximo das Ilhas Canárias, e da costa de Marrocos.

Apesar do volume vazado não ser de grandes proporções como os demais, um acidente entrou na lista por ser considerado um dos maiores desastres ambientais da história, o encalhe do navio-petroleiro Exxon Valdez. Em 1989, o navio encalhou em recifes presentes na região de Prince William Sound, liberando uma quantidade entre 217 e 282 mil barris de óleo cru, do tipo Alaska North Slope, em uma área de 1800 km, considerada de grande importância do ponto de vista biológico, causando a morte de diversos animais da fauna marinha e costeira, e gerando uma das respostas mais caras da história, \$ 4,3 bilhões, incluindo custos de limpeza, processos judiciais e multas.

Chen et al. (2019) apontam que, em decorrência deste acidente, visando suprir a necessidade de normas internacionais de prevenção da poluição por navios, os Estados Unidos empregaram, em 1990, a Oil Pollution Act (OPA 90). Este convenção adotou requisitos como: casco duplo para petroleiros novos e já existentes, idades máximas entre 23 e 30 anos, e retirada total de serviços de petroleiros de casco simples até 2015.

Em 1991 ocorreu o acidente com o navio ABT Summer, sendo a costa de Angola a região mais próxima. Após uma explosão, 5 pessoas morreram, e não se sabe ao certo o volume vazado, podendo este variar entre 322 mil e 1,9 milhões de barris de óleo cru Iranian Heavy. No mesmo ano, na Itália, o navio Haven, carregado com 1,5 milhão de barris de óleo cru Iranian Heavy, sofreu uma explosão, causando a morte de 6 pessoas.

O ano de 1992 foi marcado por dois grandes acidentes, o encalhe do navio-petroleiro Aegean Sea, ao se aproximar do porto de La Coruña na Espanha, causando um vazamento entre

490 e 535 mil barris de óleo cru North Sea Brent, e o acidente com o navio-petroleiro Katina P. decorrente de ondas gigantescas, causando o vazamento de aproximadamente 489 mil barris de óleo combustível Bunker C perto da costa de Moçambique.

Em 1993, o navio BRAER, devido à péssimas condições meteorológicas, encalhou no arquipélago Shetland, Escócia, causando o vazamento de aproximadamente 621 mil barris de óleo cru Norwegian Gullfaks e 11 mil de combustível Bunker.

Em 1996, o navio-petroleiro Sea Empress encalhou na entrada de Milford Haven, no Reino Unido, causando danos na embarcação e nos tanques, e consequente vazamento de aproximadamente 530 barris que incluíam óleo cru Forties Blend e uma pequena quantidade de óleo combustível pesado.

Em 2002, um acidente de grande repercussão foi o ocorrido na Espanha, com o navio Prestige, do qual sofreu danos em suas estruturas como consequências de ventos fortes, e mar agitado, causando o derramamento de um volume aproximado entre 462 e 469 mil barris de óleo combustível pesado. A mancha de óleo atingiu locais como o norte da Espanha, a costa da França, e até o Canal da Mancha. O acidente prejudicou atividades pesqueiras na região da Galícia, o turismo em praia da França e Espanha, além dos danos à biodiversidade marinha e estuarina da região.

Após a década de 90, a quantidade de acidentes com volume de óleo vazados significativo diminuiu, sendo o último de grande proporção a entrar para a lista, o ocorrido no Mar da China Meridional com o petroleiro Sanchi, em 2018, derramando cerca de 828 a 1 milhão de barris de óleo condensado e óleo combustível pesado e causando a morte de todos os integrantes da embarcação.

De acordo com a tabela apresentada, os fatores que influenciam na ocorrência de acidentes envolvendo navio-petroleiros variam, podendo ter sido, principalmente, encalhe, colisão, explosão e incêndio, que podem ser consequência de erros humanos, ou condições meteorológicas severas, causando falhas sistêmicas, danos nas estruturas, ou até mesmo uma combinação destes fatores.

Na década de 70, há uma maior concentração no número de grandes acidentes, período em que ocorreu também o maior vazamento de navio-petroleiro já registrado, com a colisão do Atlantic Empress/Aegean Captain. Apesar disso, outros grandes acidentes também ocorreram nas décadas seguintes, porém, com menos recorrência, principalmente a partir dos anos 2000.

Percebe-se, também, que ocorrência de incidentes com derramamento de óleo e outros acidentes acabam por servir como pontapé inicial na criação de legislações internacionais, sendo estas para medidas paliativas, punitivas e preventivas de possíveis acidentes futuros.

Além das apresentadas anteriormente, podemos citar outras convenções como a Convenção sobre os Regulamentos Internacionais para a Prevenção de Colisões no Mar, 1972 (COLREG), tratando regras para evitar colisões; a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), 1974, emendada pelo protocolo Solas 88, estabelecendo padrões de segurança de navios; e a Convenção Internacional sobre Preparo, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por óleo (OPRC), na década de 90, visando a cooperação internacional e aperfeiçoamento da capacidade nacional, regional e global de preparo e resposta à poluição por óleo.

3.2. Acidentes em plataformas de exploração e produção

Além das atividades de navegação, pela sua complexidade de operação, merecem destaque, também, os acidentes ocorridos durante as atividades de exploração e produção, como blowouts em poços offshore e/ou explosões e incêndios em plataformas, responsáveis por impactos ambientais, sociais e econômicos de grandes proporções. Estes acidentes demonstram a necessidade de um elevado nível de organização de respostas em casos de emergência, evitando perdas e lesões humanas.

Tabela 2 – Blowouts em poços offshore e acidentes em plataformas de exploração/produção ($\geq 100 \times 10^3$ bbl)

Ano	Nome	Local	Causa	Volume vazado x 10^3 (bbl)
1969	Poço Alpha n. 21	Santa Bárbara - Estados Unidos	blowout	100
1971	Poço Iran Marine International	Golfo Pérsico	blowout	100
1973	Poço Bull Run/Atwood Oceanics	Dubai - Emirados Árabes	blowout	2000
1977	Poço Ekofisk Bravo B-14	Mar do Norte - Noruega	blowout	147 - 236
1979	Poço Ixtoc 1	Baía de Campeche - Golfo do México	blowout	3300 - 10190
1980	Poço Funiwa 5	Forcados - Nigéria	blowout	200 - 396
1980	Poço Hasbah 6	Golfo Pérsico	blowout	105
1983	Campo Nowruz	Irã	rompimento de riser - ato de guerra	1906
1986	Poço Abkatun 91	Baía de Campeche - Golfo do México	blowout	247
1988	Plataforma Piper Alpha	Mar do Norte	Explosão corrente de vazamento de gás condensado	4214

1991	Guerra do Golfo	Golfo Pérsico	explosão de campos e petroleiros (ato de guerra)	5131 - 8000
2010	Plataforma Deepwater Horizon (Macondo MC252)	Golfo do México	blowout explosão e incêndio	2450 - 5409

Fonte: ITOPF (2019); NOAA (2020); CEDRE (2019); Etkin, McCay, Horn, Lanquist, Hassellöv e Wolford (2017); Pedrosa (2012).

A ocorrência de falhas no processo de controle da conformidade da pressão hidrostática com a pressão dos poros das formações atravessadas durante a perfuração pode gerar perda de fluido de perfuração e, conseqüentemente, a erupção chamada blowout, levando a acidentes de grande proporções. Um exemplo clássico deste tipo de acontecimento foi o ocorrido em 1979, na poço exploratório IXTOC I, na Bahia de Campeche, responsável por um volume vazado entre 3,3 e 10,19 milhões de barris de óleo no Golfo do México.

Outro exemplo de grande proporção foi a explosão da sonda de perfuração Deepwater Horizon (poço exploratório Macondo MC252), operada pela empresa britânica British Petroleum, em 2010, com um volume vazado variando entre 2,45 e 5,4 milhões de barris de óleo, com duração de 87 dias. O impacto econômico foi imediato, principalmente na indústria da pesca do Golfo e, posteriormente, no turismo, além dos impactos reputacional, legal e financeiro para a empresa. Etkin et al. (2017) afirmam que, após este acidente, houve um aumento na preocupação pública e regulatória em casos de riscos que estão associados aos piores cenários de blowouts em poços offshore.

A incerteza no volume vazado não permite definir qual dos dois acidentes pode ser considerado o pior da categoria. Além disso ocorreram também outros acidentes com blowout, com menores volumes vazados, como o ocorrido em 1969, no poço de produção Alpha n. 21, em Santa Bárbara, nos Estados Unidos, sendo o primeiro de grande proporção relatado.

Não entrando no mérito de discussão dos acidentes conseqüentes de atos de guerra, há um acidente não apresentado na base de dados consultada, mas popularmente conhecido como de grande relevância no estudo de gerenciamento de risco em plataformas offshore, o ocorrido na Plataforma Piper Alpha, no Mar do Norte. França (2014) aponta que este acidente causou a perda total da unidade de produção e a morte de 167 pessoas, e todas as análises levaram à conclusão de que o fator responsável foi uma sequência de falhas humanas no processo de manutenção de uma bomba do sistema de produção.

França (2014) propõe que todos os programas e iniciativas de gestão de risco em uma instalação offshore devem contemplar, de forma integrada, a compreensão dos fatores humanos, sendo estes de grande influência no desempenho dos operadores, das rotinas operacionais e situações de emergência.

4. Considerações finais

No decorrer desse estudo, foram levantados os vários acidentes ocorridos na produção e transporte de petróleo, em ambiente offshore, com identificação das causas e consequências,

inclusive identificando os volumes de óleo derramados ou a estimativa desse volume. Vale ressaltar que os gestores não podem mais ignorar riscos de perdas humanas, econômicas e ambientais, que além de prejuízos materiais, expõem a corporação a impactos regulatórios e de imagem, podendo repercutir até mesmo no preço de mercado dessas organizações.

O número de acidentes com navios-tanques, durante a década de 70, foi maior do que nas demais décadas, inclusive no quesito volume máximo de óleo vazado. Além disso, os ocorridos apresentados nos mostram o quanto acidentes com navio-tanque impactam países costeiros e portuários do ponto de vista tanto ambiental quanto econômico. A redução nesse número pode ter acontecido em função do aperfeiçoamento das regulamentações e procedimentos operacionais, bem como de atuação durante as ocorrências, mas também em função do aprimoramento das tecnologias de monitoramento envolvidas nos processos.

Nesse sentido, este trabalho apresenta uma contribuição importante para a indústria do petróleo, na medida em que identifica os principais acidentes, suas causas e consequências, inclusive, que a maioria deles esteve associada com falhas associadas a “erros humanos”, evidenciando a necessidade de investir em treinamentos e procedimentos, o que poderia minimizar a probabilidade de ocorrência de novos acidentes, além do investimento em tecnologias de monitoramento. A partir desse tipo de informação, gestores podem estudar medidas mitigadoras ou aperfeiçoar metodologias para reduzir falhas nos processos de uma indústria com elevada exposição ao risco.

Referências

- Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution - CEDRE. (2019). *Database of spill incidents and threats in waters around the world*. Retrieved from <http://wwz.cedre.fr/en/Resources/Spills>
- Chen, J., Zhang, W., Wan, Z., Li, S., Huang, T., & Fei, Y. (2019). Oil spills from global tankers: Status review and future governance. *Journal of Cleaner Production*, 227(227), 20–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.020>
- Etkin, D. S., McCay, D. F., Horn, F., Lanquist, H., Hassellöv, I. M., & Wolford, A. J. (2017). Quantification of Oil Spill Risk. In *Oil Spill Science and Technology* (2nd ed., p. 1078). Gulf Professional Publishing. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/book/9780128094136/oil-spill-science-and-technology#book-info>
- França, J. E. M. (2014). *Alocação de Fatores Humanos no Gerenciamento de Riscos de Sistemas Complexos Offshore* (Dissertação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Retrieved from <http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1261.pdf>
- National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA. (2020). *Raw Incident Data*. Retrieved from <https://incidentnews.noaa.gov/raw/index>
- Pedrosa, L. F. (2012). *Análise dos Mecanismos de Planejamento e Resposta para Incidentes com Derramamento de Óleo no Mar: Uma Proposta de Ação* (Dissertação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Retrieved from http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Luciene_Ferreira_Pedrosa.pdf
- Souza Filho, A. M. (2006). *Planos Nacionais de Contingência para Atendimento a Derramamento de Óleo: Análise de Países Representativos das Américas para Implantação no Caso do Brasil* (Dissertação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Retrieved from www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/André_Moreira_de_Souza_Filho.pdf
- The International Tanker Owners Pollution Federation - ITOPF. (2019). *Oil Tanker Spill Statistics 2019*. Retrieved from <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>