



Trinta Anos Depois do Acidente de Piper Alpha: Análise do Impacto das Lições Aprendidas

Vanessa Karoline Teixeira Lins de Oliveira

Monografia de Final de Curso

Orientador

Prof. Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

Novembro de 2017

Trinta Anos Depois do Acidente de Piper Alpha: Análise do Impacto das Lições Aprendidas

Vanessa Karoline Teixeira Lins de Oliveira

Monografia de Final de curso submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenharia Química.

Aprovada por:

Nome, D. Sc.

Nome, D. Sc.

Nome

Orientada por:

Carlos André Vaz Júnior, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Novembro de 2017

Oliveira, Vanessa Karoline Teixeira Lins de.

Trinta Anos Depois do Acidente de Piper Alpha: Análise do Impacto das Lições
Aprendidas

Vanessa Karoline Teixeira Lins de Oliveira. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2017

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2017

Orientador: Carlos André Vaz Junior

1. *Offshore* 2. Acidentes industriais 3. Falha humana 4. Projeto final. (Graduação –
UFRJ/EQ) 5. Carlos André Vaz Júnior I. D.Sc.

A todas as vítimas no acidente de Piper Alpha

“I firmly believe that any man’s finest hour, the greatest fulfillment of all that he holds dear, is that moment when he has worked his heart out in a good cause and lies exhausted on the field of battle – victorious.”

Vince Lombardi

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Frankleide: pelo apoio, pela paciência, por sempre acreditar em mim, pelas rezas, por procurar me manter sempre animada e por fazer por mim coisas que ninguém mais faria.

Ao meu pai, Randolpho: pelas noites de estudo, pelo apoio, pelo carinho, por sempre acreditar em mim e por procurar me tornar uma boa cidadã.

Ao meu pai, Ednilson: sempre presente apesar da distância.

A toda a minha família: obrigada por existirem.

Aos meus amigos queridos: do colégio CEL, da faculdade de engenharia química da UFRJ, do intercâmbio, do estágio na Petrobras. Obrigada por terem feito a minha vida mais completa e divertida.

À Ana Flora: obrigada pela acolhida e pelo carinho de sempre.

A todos que, de alguma forma, fizeram-me chegar até aqui: muito obrigada.

Resumo da Monografia de Final de Curso apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Química.

TRINTA ANOS DEPOIS DO ACIDENTE DE PIPER ALPHA: ANÁLISE DO IMPACTO DAS LIÇÕES APRENDIDAS

Vanessa Karoline Teixeira Lins de Oliveira

Novembro, 2017

Orientador: Prof. Carlos André Vaz Junior

O acidente na plataforma *offshore* de petróleo Piper Alpha, no Mar do Norte, na Europa, em 1988, foi um dos maiores desastres ocorridos na indústria de óleo e gás mundial. Cento e sessenta e sete pessoas faleceram e os prejuízos financeiros foram da ordem de 3,4 bilhões de dólares. Esse acidente mudou a forma como a indústria lida com a área de segurança, pois os erros cometidos em Piper Alpha podiam ser também encontrados em diversos outros ramos industriais. A partir dos relatórios, observa-se que a segurança em Piper Alpha era negligenciada pelos gestores e falhas graves já eram cometidas anos antes do acidente. Evidenciou-se que o acidente estava intimamente relacionado a erros humanos: ligados ao sistema de permissão para trabalho, à falta de treinamento para emergências e ao sistema de gestão de risco da empresa Occidental. Várias medidas foram tomadas após o acidente, alterando a legislação vigente no Reino Unido em relação às instalações *offshore* e obrigando as empresas operadoras a fazerem mudanças estruturais e em seus sistemas de gestão de segurança.

ÍNDICE

Capítulo I - Introdução.....	1
I.1 - Estrutura do trabalho.....	2
Capítulo II – Piper Alpha: a plataforma <i>offshore</i>	3
II.1 - Descrição geral.....	4
II.1.1 - Layout da plataforma após modificação para prospecção de gás.....	7
II.2. Operação na plataforma.....	11
II.3 – O Acidente.....	13
II.4 - Investigação do acidente.....	22
II.4.1 – Sistema de permissão para trabalho.....	23
II.4.2 – Sistema de combate a incêndio.....	24
II.4.3 – Treinamento em emergências.....	24
II.4.4 – Sistema de gestão de segurança da Occidental.....	24
Capítulo III – O acidente de Piper Alpha e as mudanças no setor de exploração <i>offshore</i> de óleo e gás.....	26
III.1 - Dados gerais de acidentes em plataformas <i>offshore</i> , de 1956 a 2011.....	26
III.2 - Evolução no número de acidentes e de fatalidades.....	29
III.3 - As sugestões de mudanças na indústria <i>offshore</i> do Reino Unido propostas por Lorde Cullen.....	33
III.3.1 – Plano de segurança.....	36
III.3.2 – Auditorias do sistema de gestão de segurança.....	37
III.3.3 – Legislação.....	38
III.3.4 – Comitês de segurança e representantes de segurança.....	39
III.3.5 – Permissões de trabalho.....	39
III.3.6 – Treinamento para situações de emergência.....	40
Capítulo IV – Erros humanos.....	42
IV.1 - Definições.....	42
IV.2 - Tipos de erros humanos.....	44
Capítulo V - Erros humanos no caso do acidente de Piper Alpha.....	48
V.1 – Sistema de permissão para trabalho.....	48
V.1.1 – Deficiências no próprio sistema de permissão de trabalho da Occidental.....	49
V.1.2 – Desvios dos procedimentos da Occidental.....	50

V.1.3 – Treinamento no sistema de permissão de trabalho.....	51
V.1.4 – Monitoramento da operação do sistema de permissão de trabalho.....	52
V.2 – Treinamentos para situações de emergência.....	52
V.3 – Sistema de gestão de segurança da Occidental, em Piper Alpha.....	54
V.3.1 – Como funcionava teoricamente o sistema de gestão de segurança.....	55
V.3.2 – Problemas no sistema de gestão de segurança.....	56
V.3.2.1 – Evacuação em caso de emergência.....	57
V.3.2.2 – O risco de um incêndio prolongado.....	58
V.3.2.3 – Prevenção de incidentes.....	59
Capítulo VI - Conclusão.....	61
Referências.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 - Posição da plataforma Piper Alpha no Mar do Norte em relação ao continente europeu. (Fonte: adaptado de GOOGLE MAPS).....	4
Figura II.2 - Localização do campo de exploração da plataforma Piper Alpha e dos campos Claymore e Tartan. (Fonte: adaptado de OFFSHORE ENERGY TODAY)....	4
Figura II.3 - Plataforma Piper Alpha. (Fonte: ARABIAN OIL AND GAS, 2008).....	5
Figura II.4 - Rede de dutos e de plataformas da região próxima à plataforma Piper Alpha (Fonte: adaptado de MARTINS, 2014 apud SHALLCROSS, 2013).....	7
Figura II.5 - Perfil leste da plataforma Piper Alpha, destacando-se o local da ignição inicial no módulo C. (Fonte: MARTINS, 2014).....	9
Figura II.6 - Vista superior do deck principal, destacando-se cada módulo e o ponto onde ocorreu o incêndio inicial. (Fonte: MARTINS, 2014).....	10
Figura II.7 - Processamento de óleo e gás em Piper Alpha. (Fonte: adaptado de WONG, 2010).....	13
Figura II.8 - Bombas de injeção de condensado “A” e “B” e a posição de suas válvulas PSV (no esquema a PSV 504 localizava-se no “espaço vazio”). (Fonte: MARTINS, 2014).....	14
Figura II.9 - Modelo da válvula PSV 504 e tubulação no entorno. Entrada de fluido se dá pelo lado direito. (Fonte: CULLEN, 1990).....	15
Figura II.10 - Exemplo de flange cego utilizado para vedar a tubulação que havia ficado aberta após a retirada da PSV 504 (Fonte: CULLEN, 1990 vol 2).....	16
Figura II.11 - Tubulação proveniente da bomba de injeção de condensado com a PSV 504 e sem a PSV 504, mas com os flanges cegos. (Fonte: adaptado de SCOTT, 2011).....	16
Figura II.12 - Formação de fumaça preta devido à queima de petróleo bruto da linha principal de óleo, no compartimento B. (Fonte: HISTORY CHANNEL).....	19
Figura II.13 - Chama azul observada por testemunha que estava a cerca de 25m da plataforma Piper Alpha. (Fonte: MARTINS, 2014).....	20
Figura II.14 - Parte do módulo “A” da plataforma Piper Alpha foi a única estrutura que restou acima da superfície após o desastre. (Fonte: DAILY RECORD, 2015)....	21
Figura II.15 - Resumo da sequência de eventos do acidente de Piper Alpha (adaptado de Martins, 2014).....	22
Figura III.16 - Causas dos acidentes em plataformas offshore (adaptado de ISMAIL et al, 2014).....	28
Figura III.17 - Quantidade de acidentes por região, de 1956 a 2011 (adaptado de Ismail, 2014).....	29

Figura III.18 - Quantidade de acidentes ocorridos na indústria de exploração de petróleo offshore ao longo do tempo (desde 1956 até 2009), separados por região e por década (adaptado de Ismail et al, 2014).....	30
Figura III.19 - Quantidade de fatalidades ocorridas na indústria de exploração de petróleo offshore ao longo do tempo (desde 1956 até 2009) separadas por região e por década (adaptado de Ismail et al, 2014).....	32
Figura III.20 - Quantidade de acidentes ocorridos na indústria de exploração de petróleo offshore mundial ao longo do tempo (desde 1956 até 2009) (adaptado de Ismail et al, 2014).....	32
Figura III.21 - Quantidade de fatalidades ocorridas na indústria de exploração de petróleo offshore mundial ao longo do tempo (desde 1956 até 2009) (adaptado de Ismail et al, 2014).....	33
Figura IV.22 - Tipos de erro humano segundo Miller & Swain (1987) e Reason (1990) e Rasmussen (1982) (adaptado de Glendon, Clarck e Mckenna (2006)).....	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela II.1 - Decks principais da plataforma e suas características.....	8
Tabela III.2 - Quantidade de acidentes por tipo de estrutura no período de 1956 até 2011 (adaptado de ISMAIL et al, 2014).....	27
Tabela III.3 - Acidentes ocorridos na indústria de exploração de petróleo offshore, desde 1956 até 2009, separados por região e por década (adaptada de Ismail et al, 2014).....	30
Tabela III.4 - Fatalidades ocorridas na indústria de exploração de petróleo offshore, desde 1956 até 2009, separadas por região e por década (adaptada de Ismail et al, 2014).....	31
Tabela III.5 - Temas das 106 recomendações feitas por Lorde Cullen, associadas também ao tipo: prevenção (P) ou mitigação (M) (adaptado de Cullen, 1990).....	34
Tabela III.6 - Quantidade de recomendações associadas à quantidade de temas e ao tipo de recomendação (adaptado de Cullen, 1990).....	35
Tabela IV.7 - Possíveis definições de erro humano.....	43

Capítulo I - Introdução

Na indústria química, em particular na de óleo e gás, há muitos processos envolvendo altas temperaturas e pressões, além de grande quantidade de substâncias tóxicas e inflamáveis. Acidentes nesse ramo têm potencial de gerar fortes danos, podendo afetar a saúde das pessoas e até causar fatalidades. Por isso, o cuidado com a área de segurança é tão importante.

O acidente na plataforma *offshore* Piper Alpha, em 1988, foi um dos maiores desastres já ocorridos na indústria petrolífera e, até hoje, é o que causou o maior número de vítimas fatais (MACALISTER). O caso de Piper Alpha é particularmente interessante por vários motivos. O primeiro é que a severidade do acidente foi tão grande que ele não pôde ser ignorado pela indústria mundial de óleo e gás: o desastre fez mudar vários processos e normas no setor de segurança. O segundo motivo é que o acidente é facilmente generalizável para outros tipos de indústrias e processos: negação do risco; modificações no *design* original que diminuíram a segurança das operações; redundâncias insuficientes no sistema de segurança; dificuldade de gerir a relação “produtividade *versus* segurança” e tendência a espaçar as operações de manutenção quando a pressão por maior produção aumenta (PATÉ-CORNELL, 1993). Esses são problemas comuns em instalações industriais de vários tipos, em todo o planeta (PATÉ-CORNELL, 1993). Em particular, muitas falhas que levaram à catástrofe em Piper Alpha estão intimamente ligadas a erros humanos.

O conceito do que seja “erro humano” ainda não está tão bem estabelecido entre os estudiosos do assunto, por isso não é fácil dizer o quanto dos acidentes em geral são causados por falha humana. Segundo Hansen (2006) esse valor varia de 30% a 100% dos acidentes, a depender do tipo de indústria a fazer a declaração ou do pesquisador que estudou o assunto. Ainda assim, é consenso que são erros bastante frequentes (considerando-se o valor mínimo de 30%) e com grande potencial de dano.

Após as investigações feitas sobre o acidente de Piper Alpha, chegou-se à conclusão de que as causas do acidente residiam em várias falhas humanas que ocorreram durante anos e que se configuravam como a norma padrão de atuação dentro da plataforma. Este trabalho busca analisar quais foram os principais erros humanos cometidos durante o acidente ou que

levaram a tal acontecimento e as mudanças ocorridas no setor, sobretudo no Reino Unido, após o desastre.

I.1 - Estrutura do trabalho

O objetivo principal deste trabalho é analisar o acidente de Piper Alpha e averiguar os fatores contribuintes relacionados a erros humanos. No capítulo 2, busca-se fornecer uma descrição geral sobre Piper Alpha e como era sua produção de óleo e gás, além de descrever o acidente ocorrido e fornecer, em linhas gerais, as causas principais do acidente. No capítulo 3, analisam-se as mudanças que o acidente de Piper causou no setor *offshore* de óleo e gás, sobretudo as mudanças ocorridas no Reino Unido. No capítulo 4, define-se o que é erro humano e diversas classificações para erro são fornecidas. No capítulo 5, é feita a análise, em maiores detalhes dos erros humanos relacionados ao acidente de Piper Alpha. Por fim, no capítulo 6, têm-se as conclusões.

Capítulo II – Piper Alpha: a plataforma *offshore*

O marco inicial da exploração de petróleo na porção britânica do Mar do Norte foi o *Continental Shelf Act* (“Ato da Plataforma Continental”, em tradução livre). O termo “plataforma continental” de um Estado refere-se a uma região do oceano que vai desde o continente até onde há uma queda abrupta de profundidade, não havendo uma medida definida juridicamente (CASTRO, 2015). O “Ato da Plataforma Continental”, criado no Reino Unido em 1964, regulamentava a exploração dos recursos minerais em toda a plataforma continental britânica (BAMBERG, 2000), (CONTINENTAL SHELF ACT 1964), (MORAIS, 2015) e estendia a legislação de exploração de petróleo e gás *onshore* para a exploração *offshore* (BANKES & TREVISANUT, 2015).

Em 1969, as primeiras bacias petrolíferas foram descobertas no Mar do Norte (OIL & GAS UK, 2013). Interessada na prospecção de novos reservatórios, a empresa Occidental Petroleum adquiriu direitos de exploração de óleo e gás no Mar do Norte (HISTORY CHANNEL). Em 1973, a Occidental descobriu a bacia Piper: um campo com aproximadamente 31 km² de extensão, localizado na região britânica do Mar do Norte (SHALLCROSS, 2013). Logo após a descoberta do reservatório, iniciou-se a construção da plataforma Piper Alpha, situada a cerca de 180 km a nordeste da cidade de Aberdeen, na Escócia (KLETZ, 2001). A Figura II.1 mostra a posição aproximada de Piper Alpha (marcação em vermelho no mapa) em relação ao Reino Unido e à parte continental da Europa. A posição e o tamanho do campo em relação ao norte do Reino Unido e a outros campos próximos podem ser vistos na Figura II.2. A plataforma Piper Alpha pertencia a um consórcio formado pelas empresas Occidental Petroleum, Texaco Britânica, International Thompson e Texas Petroleum, sendo operada pela Occidental, que era a maior acionista com 36,5% da empresa (LEES & MANNAN, 2005), (KNIEF et al., 1991).

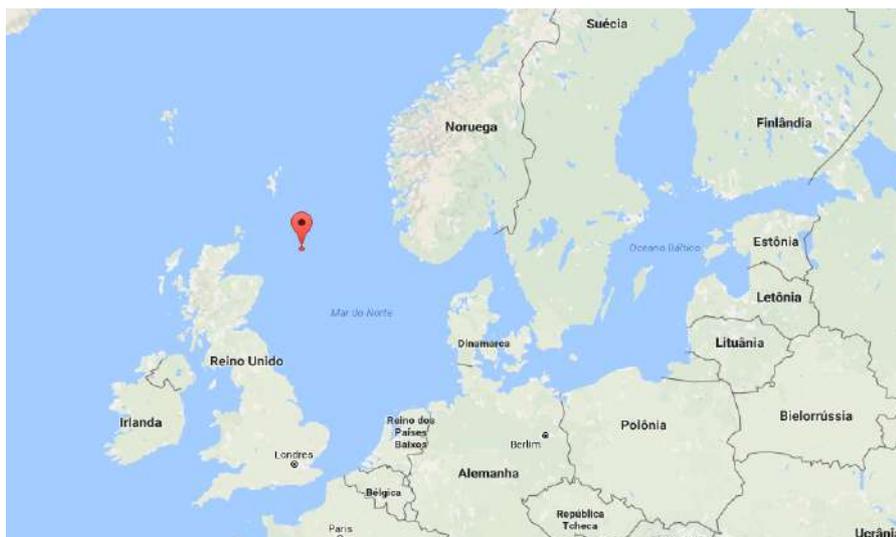


Figura II.1 - Posição da plataforma Piper Alpha no Mar do Norte em relação ao continente europeu. (Fonte: adaptado de GOOGLE MAPS)

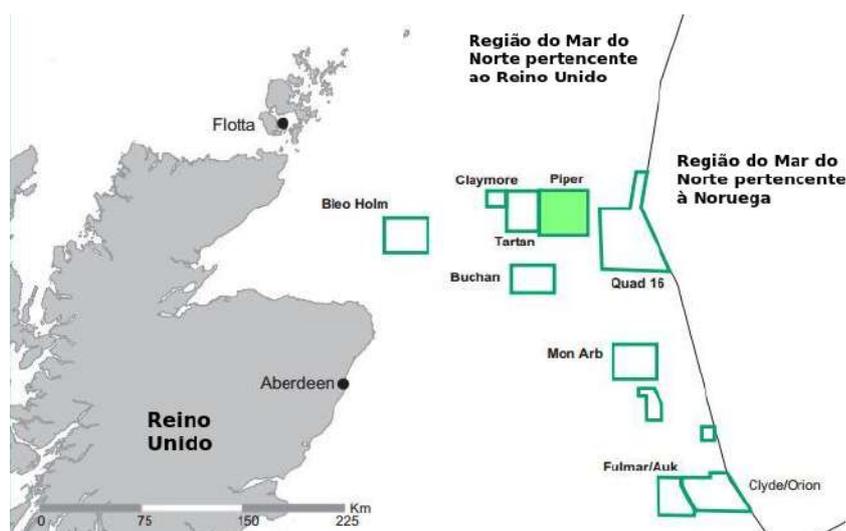


Figura II.2 - Localização do campo de exploração da plataforma Piper Alpha e dos campos Claymore e Tartan. (Fonte: adaptado de OFFSHORE ENERGY TODAY)

II.1 - Descrição geral

A plataforma tinha ao todo por volta de 210 m de altura, desde o solo do oceano até o topo da torre de perfuração (BBC SCOTLAND) e encontrava-se sobre uma lâmina d'água de

aproximadamente 150 m (KLETZ, 2001). A operação se iniciou em dezembro de 1976 (WONG, 2010), com uma produção de, aproximadamente, 250.000 barris de óleo equivalente por dia (SHALLCROSS, 2013), chegando a um máximo de pouco mais de 300.000 barris de óleo equivalente por dia em 1979 (PATÉ-CORNELL, 1993). A construção pesava em torno de 30.000 toneladas e custou por volta de 1 bilhão de dólares em 1975, época em que foi construída (HISTORY CHANNEL). Na Figura II.3, pode-se observar uma foto da plataforma em operação.



Figura II.3 - Plataforma Piper Alpha. (Fonte: ARABIAN OIL AND GAS, 2008).

Piper Alpha fora originalmente construída para prospecção apenas de petróleo (WONG, 2010). A queima do gás associado ao petróleo era prática comum até 1978 quando o governo britânico requereu que a *Occidental Petroleum*, para seguir as políticas vigentes, modificasse a plataforma para processamento também de gás (NASA SAFETY CENTER, 2013). Além disso, a bacia de Piper mostrava-se muito produtiva, logo, também era de interesse da companhia aumentar a exploração do campo (WONG, 2010). Dessa forma, Piper

Alpha passou a também produzir gás e o enviava para a plataforma de compressão MCP-01 (*Manifold Compression Platform*). (NASA SAFETY CENTER, 2013) (MARTINS, 2014)

Além de estar ligada à MCP-01 (a 55km de distância), Piper Alpha também foi conectada a outras duas plataformas: Tartan (a 19km de distância) e Claymore (a 34km de distância), tornando-se a peça mais importante da rede formada por essas quatro estruturas. A Figura II.4 mostra as interligações entre Piper e as demais plataformas. Piper Alpha enviava petróleo para o Terminal Flotta, nas ilhas Orkney (norte da Escócia), gás para MCP-01 e Claymore (cujo campo de exploração não possuía muito gás, este, em geral, era enviado de Piper Alpha para *gas lifting*, técnica em que gás pressurizado é injetado no poço para retirada de óleo), além de receber gás de Tartan e, por vezes, também de Claymore (MANNAN, 2012) (SHALLCROSS, 2013). A plataforma MCP-01 enviava o gás que recebia de Piper Alpha e do campo de Frigg para o terminal de gás St. Fergus, na costa da Escócia. Tartan também enviava gás para Claymore e esta, por sua vez, enviava petróleo para a linha de dutos de Piper Alpha, com destino ao Terminal Flotta. Dessa forma, Piper Alpha estava ligada a quatro grandes tubulações de transporte de óleo ou de gás (SHALLCROSS, 2013).

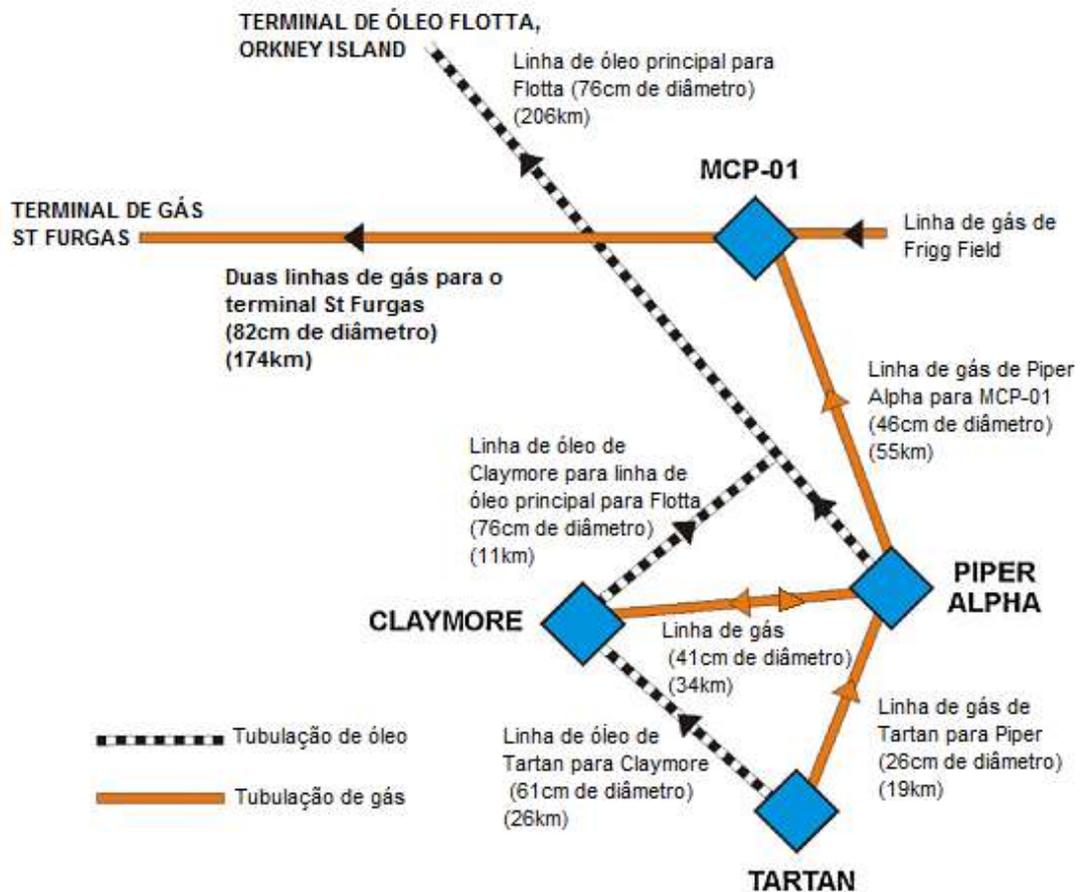


Figura II.4 - Rede de dutos e de plataformas da região próxima à plataforma Piper Alpha
(Fonte: adaptado de MARTINS, 2014 apud SHALLCROSS, 2013).

II.1.1 - Layout da plataforma após modificação para prospecção de gás

Piper Alpha era dividida em níveis (os *decks*) e cada nível subdividia-se em módulos. Os níveis principais e suas características são apresentados na Tabela II.1.

Tabela II.1 - Decks principais da plataforma e suas características.

Nível (altura em relação ao nível do mar)	Características principais	Detalhamento
53 metros	Heliponto	Situava-se acima do bloco de acomodações
40,5 metros	Bloco de acomodações e 2 guindastes	-
32,6 metros	Deck de perfuração, contendo diversos módulos	<p>Dentre os quais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulo de diesel: geradores movidos a diesel para operações de perfuração; • Módulo de conservação de gás (GCM, do nome em inglês): instalado posteriormente para adequação do gás coletado para exploração.
25,6 metros	Deck de produção	Contendo os módulos A, B, C e D.
20,7 metros	“Deck Support Frame”: abaixo dos módulos A, B, C e D	<p>Continha:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bombas de injeção de condensado; • terminações dos risers de Claymore, MCP-01 e Tartan (<i>risers</i> são tubos que ligam as plataformas de perfuração aos poços de petróleo explorados).
13,7 metros e 6,1 metros	Áreas restritas	Acessíveis apenas para pessoal encarregado de manutenção e construção.

O deck de produção (um dos mais importantes), situado a 25,6 metros acima do nível do mar, era dividido em quatro módulos principais: A, B, C e D, como indicado na Figura II.5. A Figura II.6 mostra detalhadamente as estruturas contidas em cada um dos módulos do *deck* principal. Existiam paredes resistentes a fogo entre os módulos A e B, B e C, e C e D (A/B, B/C e C/D), mas não havia paredes resistentes a explosões (CULLEN, 1990).

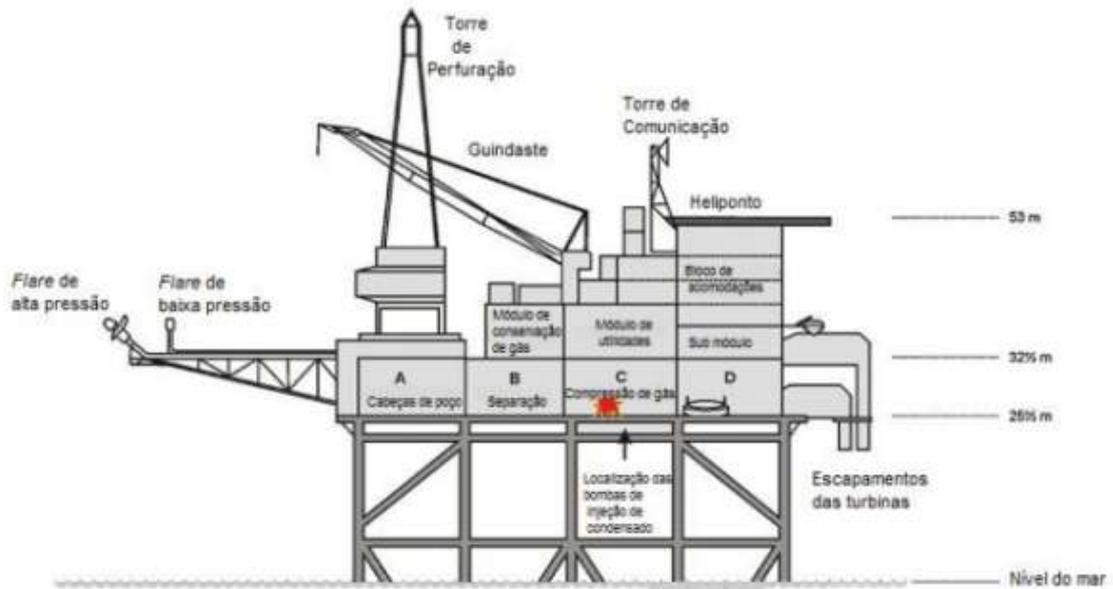


Figura II.5 - Perfil leste da plataforma Piper Alpha, destacando-se o local da ignição inicial no módulo C. (Fonte: MARTINS, 2014)

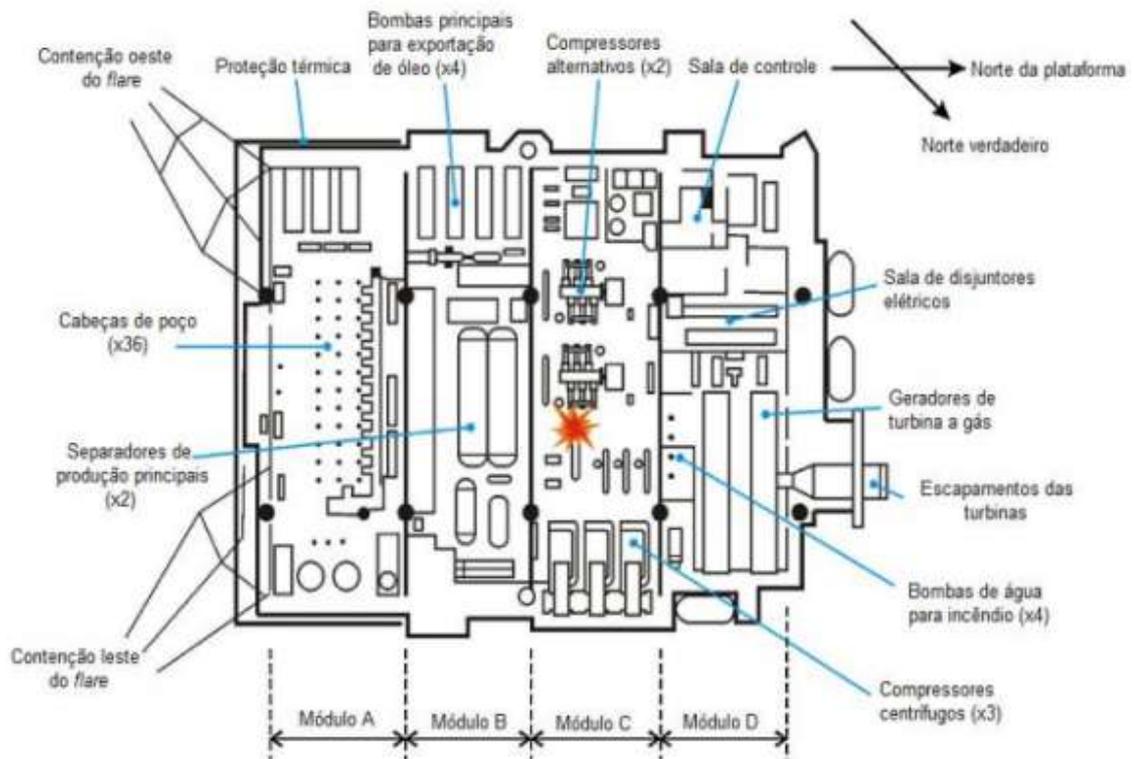


Figura II.6 - Vista superior do deck principal, destacando-se cada módulo e o ponto onde ocorreu o incêndio inicial. (Fonte: MARTINS, 2014)

No **módulo A**, onde ocorria o bombeamento de petróleo do fundo do mar para a *offshore*, encontravam-se equipamentos de perfuração e cabeças de poço (MARTINS, 2014). Esse módulo era revestido por paredes resistentes ao calor, por se localizar muito próximo aos dois *flares* existentes na plataforma (CULLEN, 1990). No **módulo B**, ocorria a separação da mistura óleo-água-gás coletada, além de ser o compartimento que continha as quatro bombas principais de exportação de óleo (SHALLCROSS, 2013). No **módulo C**, encontravam-se os equipamentos de compressão de gás: três compressores centrífugos e dois compressores recíprocos de pistão (SHALLCROSS, 2013). Abaixo do módulo “C”, no compartimento de altura de 21m acima do nível do mar (o *deck support frame*), encontravam-se as bombas de injeção, que condensavam parte do gás coletado, formando gás liquefeito de petróleo (GLP) (MARTINS, 2014). No **módulo D**, situavam-se: a sala de controle (localizada no mezanino), os geradores principais de energia elétrica, as bombas d’água de combate a incêndio e o gerador de emergência (CULLEN, 1990). Os geradores principais de energia

elétrica normalmente funcionavam a base de gás, mas podiam também utilizar diesel. Já o gerador de emergência era movido apenas a diesel e deveria ligar automaticamente no caso de falha dos geradores principais. Piper Alpha era equipada com bombas d'água elétricas e a diesel que coletavam água do mar para suprir o sistema de combate a incêndio (NASA SAFETY CENTER, 2013).

O compartimento de acomodação dos funcionários localizava-se acima do módulo D (aproximadamente no nível de 40,5 metros). Acima da área de alojamento, situava-se o heliponto, a 53m de altura (CULLEN, 1990). No deck de perfuração, encontrava-se o módulo de conservação de gás (GCM, do nome em inglês), para onde o gás ia depois de ser comprimido no módulo C. No GCM, ocorria a adequação do gás para exportação (CULLEN, 1990). Ainda no deck de perfuração, havia o módulo de diesel, onde se situava mais um gerador de energia elétrica movido a diesel. Este era utilizado exclusivamente para operações de perfuração, salvo em caso de falha do gerador de emergência: nessa situação, o gerador do módulo de diesel poderia fornecer energia para a plataforma, mas essa mudança teria de ser feita manualmente (CULLEN, 1990). Nos níveis restritos da plataforma, não havia grande circulação de pessoas, apenas eram autorizados no local funcionários que prestariam serviços de construção ou de manutenção (CULLEN, 1990).

II.2. Operação na plataforma

A partir de 1978, para que o gás explorado por Piper Alpha se tornasse adequado para exportação, a plataforma passou por algumas mudanças estruturais que culminaram com a construção do Módulo de Conservação de Gás (GCM, do nome em inglês) (CULLEN, 1990). O GCM foi colocado em funcionamento em 1980 depois da construção da plataforma de compressão MCP-01, com o objetivo principal de remover água do gás a ser exportado (SCOTTISH COURTS). O funcionamento da plataforma com o GCM em operação era conhecido como “**fase 2**”, para diferenciar da época em que Piper Alpha operava sem exportação de gás (e, conseqüentemente, sem o Módulo de Conservação de Gás), denominado de “**fase 1**”. A “fase 2” de operação foi o modo normal de funcionamento da plataforma desde 1980 até 1988, com exceção do período de abril a junho de 1984, em que operou na “fase 1”,

e do período próximo à época do acidente, em que também funcionou em “fase 1” por alguns dias até a ocorrência do acidente (CULLEN, 1990).

Um total de 24 poços eram explorados pela plataforma (OIL & GAS, UK, 2008). Deles retirava-se uma combinação de óleo, gás e água marinha, que era levada aos separadores de produção principais (SHALLCROSS, 2013). Estes localizavam-se no módulo B da plataforma, como pode ser visto na Figura II.6 (MARTINS, 2014). O **óleo** retirado dos separadores era enviado, por duas bombas de reforço (*booster pumps*) para a linha principal de exportação e dirigia-se para o Terminal de Óleo Flotta, nas Ilhas Orkney (SHALLCROSS, 2013). A **água** proveniente dos separadores era tratada para que traços de óleo e outros possíveis contaminantes fossem retirados e, então, jogada no oceano (MARTINS, 2014). O **gás**, saindo dos separadores de produção, passava por um tanque *flash* (*Knockout Drum*), depois sofria compressão em três compressores centrífugos e posteriormente era comprimido novamente ao passar pelo primeiro estágio dos dois compressores alternativos de pistão (SHALLCROSS, 2013), (CULLEN, 1990). Em seguida, o gás ia para o Módulo de Conservação de Gás (GCM), onde passava por peneiras moleculares para retirada de água, sendo resfriado ao sofrer descompressão. Prosseguia, então, para um tanque flash e saía do Módulo de Conservação de Gás, indo para o segundo estágio dos compressores alternativos de pistão, de onde poderia ir para três destinos: exportação para outras plataformas; utilização para *gas-lift*, técnica em que gás pressurizado é injetado no poço para retirada de óleo; ou queima no *flare* (CULLEN, 1990).

Durante o processo, havia também formação de um **condensado** (gás liquefeito de petróleo, **GLP**, composto basicamente por propano e butano no caso do petróleo extraído em Piper Alpha) obtido em vários pontos do processo (inclusive dentro do Módulo de Conservação de Gás). Esse material passava por um tanque *flash* (do tipo Joule-Thompson), depois era comprimido por duas bombas de reforço de condensado (*condensate booster pumps*) e, finalmente, comprimido novamente por duas bombas de injeção de condensado, de onde era enviado para os dutos que levavam óleo até o Terminal Flotta, nas Ilhas Orkney. A Figura II.7 apresenta um esquema do processamento de óleo e gás em Piper Alpha (SHALLCROSS, 2013) (MARTINS, 2014) (CULLEN, 1990)

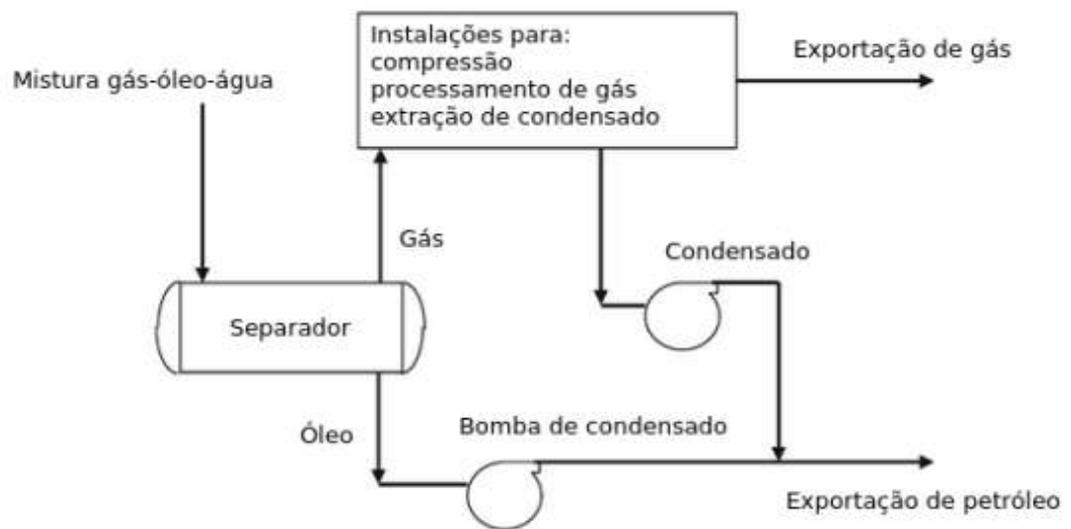


Figura II.7 - Processamento de óleo e gás em Piper Alpha. (Fonte: adaptado de WONG, 2010)

II.3 – O Acidente

No dia 6 de julho de 1988, ocorreu um acidente de proporções catastróficas na plataforma *offshore* Piper Alpha. Foram contabilizadas 167 mortes, sendo 165 de funcionários e 2 da equipe de resgate. Havia 226 trabalhadores na plataforma naquele dia (NATIONAL GEOGRAPHIC). A maioria dos 61 funcionários sobreviventes se salvou atirando-se ao mar (ROSENTHAL et al., 2001). O acidente de Piper Alpha é considerado o maior acidente em plataforma *offshore* do mundo até hoje, causando o maior número de vítimas fatais, além de danos físicos da ordem de 3 bilhões de dólares à época. (PATÉ-CORNELL, 1993) (HISTORY CHANNEL) (MARTINS, 2014)

No dia do acidente, uma das duas bombas de injeção (bomba A), que conduziam o condensado formado em vários pontos do processo para os dutos de exportação de óleo, que daí iam para o Terminal Flotta, estava fora de serviço para uma manutenção preventiva (SHALLCROSS, 2013). Para tal processo, uma permissão de trabalho (PT) foi emitida, concedendo autorização para isolar eletricamente a bomba A e para fechar as válvulas de entrada e de saída da bomba (SHALLCROSS, 2013). “Permissões de trabalho” são documentos formais escritos, usados para controlar certos tipos de trabalho potencialmente perigosos (CULLEN, 1990).

Com intervalos de aproximadamente 18 meses, as mais de 300 válvulas de segurança e alívio de pressão (PSV) da plataforma eram recertificadas (ou seja, verificava-se se estavam funcionando de acordo com as normas legais ou de acordo com o que o cliente exigia – caso as exigências do cliente “superassem” o que diziam as normas legais) (SHALLCROSS, 2013). Na saída da bomba de injeção de condensado A, havia uma única válvula de segurança e alívio de pressão, a PSV 504, a última válvula que ainda necessitava passar pelo programa. Planejou-se que esta operação na válvula seria feita conjuntamente com uma manutenção preventiva da bomba A. Uma segunda permissão para trabalho foi, então, emitida naquele dia, referente à retirada e recertificação da PSV 504. (SHALLCROSS, 2013) (SGS DO BRASIL)

A PSV 504 localizava-se no módulo C, próxima dos compressores recíprocos de pistão e um nível acima das bombas de injeção de condensado (um esquema pode ser observado na Figura II.8), necessitando de um guindaste para realizar sua retirada e recolocação. Um modelo da PSV 504 é mostrado na Figura II.9.

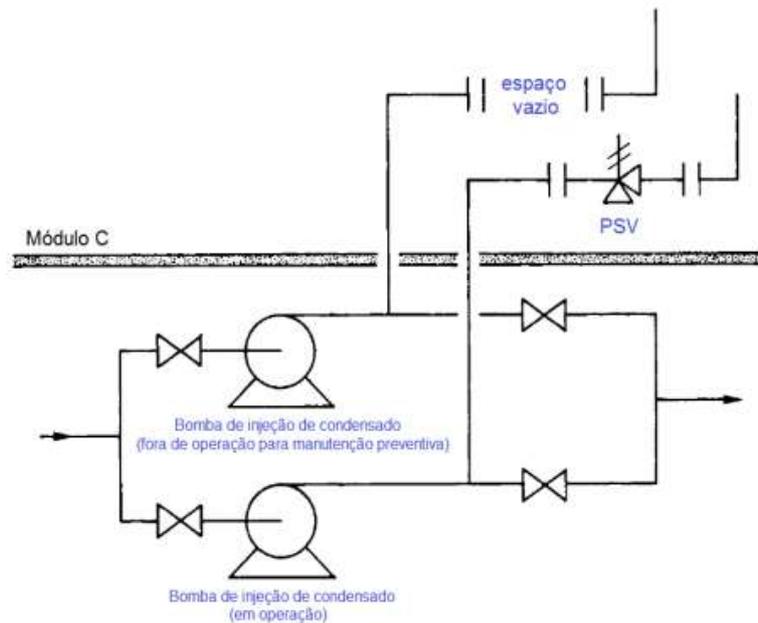


Figura II.8 - Bombas de injeção de condensado A e B e a posição de suas válvulas PSV (no esquema a PSV 504 localizava-se no “espaço vazio”). (Fonte: MARTINS, 2014)

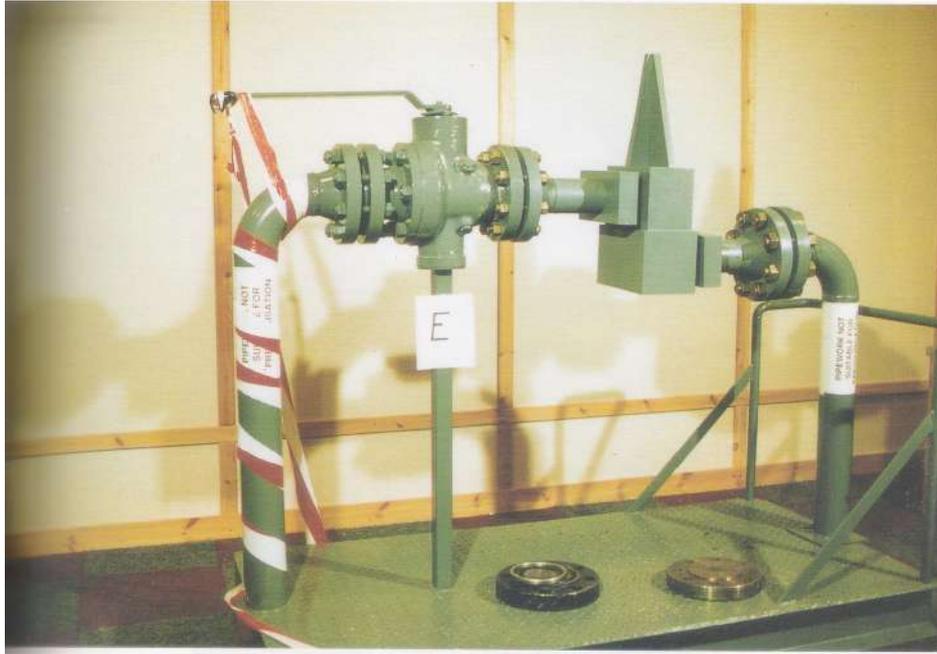


Figura II.9 - Modelo da válvula PSV 504 e tubulação no entorno. Entrada de fluido se dá pelo lado direito. (Fonte: CULLEN, 1990)

Por volta das 14h do dia 6 de julho de 1988, a PSV 504 foi retirada da saída da bomba de injeção de condensado A para recertificação. A Figura II.10 apresenta o modelo de flange utilizado para vedar o trecho de tubulação que ficou aberto com a retirada da PSV, enquanto a Figura II.11 mostra um esquema do equipamento com e sem a PSV 504. O trabalho de recertificação foi interrompido próximo do final do turno, que era às 18h. Como não havia permissão de hora extra para aquele trabalho em particular, nem a disponibilidade de guindaste naquele momento, decidiu-se por não recolocar a válvula no lugar até o dia seguinte. É importante observar que uma parcela considerável dos trabalhadores da plataforma era terceirizada e tinha uma determinada carga horária diária a cumprir. Caso alguma tarefa não terminasse dentro do turno vigente e não houvesse permissão da terceirizada para efetuar trabalho além do horário do contrato, o trabalho ficava para outro dia ou para o turno seguinte (CULLEN, 1990) (SHALLCROSS, 2013)

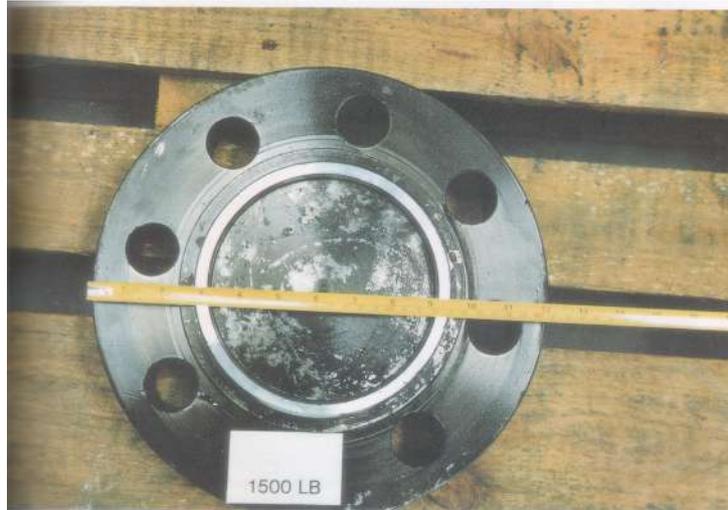


Figura II.10 - Exemplo de flange cego utilizado para vedar a tubulação que havia ficado aberta após a retirada da PSV 504 (Fonte: CULLEN, 1990 vol 2)

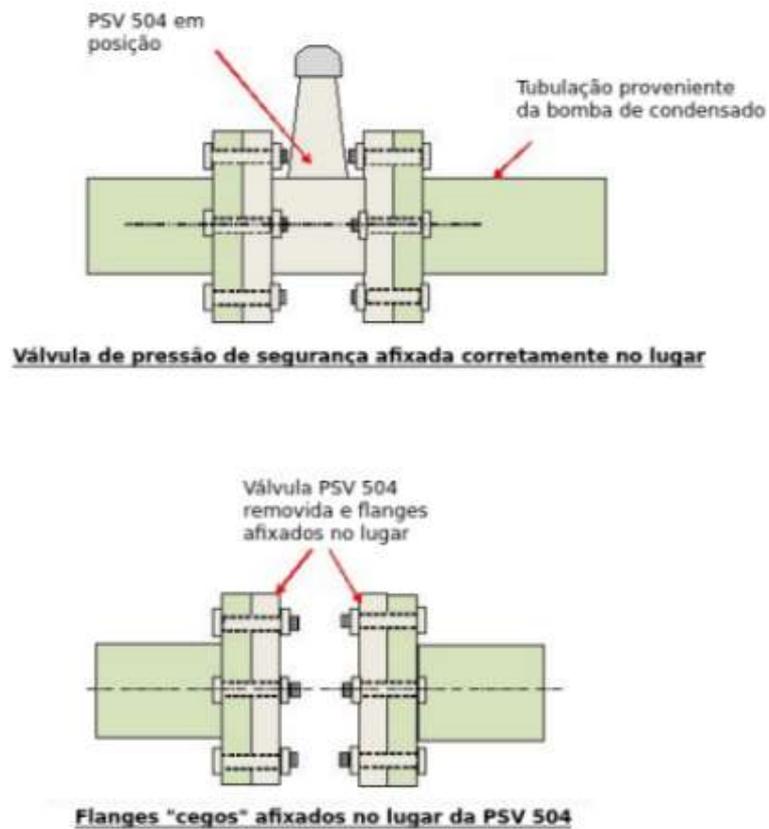


Figura II.11 - Tubulação proveniente da bomba de injeção de condensado com a PSV 504 e sem a PSV 504, mas com os flanges cegos. (Fonte: adaptado de SCOTT, 2011)

O responsável pela recertificação da válvula foi, então, à sala de controle para devolver o documento de permissão de trabalho (PT). Incerto quanto ao procedimento correto a seguir quando um trabalho não era finalizado dentro do turno em que havia começado, ele escreveu “susp” (para “suspensão” em inglês) no documento e deixou a PT na sala de controle (SHALLCROSS, 2013). Há controvérsias quanto ao fato do responsável pelo trabalho na válvula ter ou não avisado a alguém na sala de controle sobre a permissão de trabalho. O responsável pela recertificação diz ter notificado o operador principal naquele horário, quando suspendeu o trabalho na PSV 504 às 18h. Já o operador afirmou que não sabia que a válvula não estava no lugar, sabendo apenas que a bomba de injeção de condensado A estava sob manutenção, pois havia recebido esse aviso por escrito (CULLEN, 1990). De acordo com outras fontes, no entanto, o responsável pela recertificação não teria avisado a ninguém na sala de controle, ao devolver o documento de permissão para trabalho, que o serviço não estava completo nem que a válvula não havia sido recolocada. (SHALLCROSS, 2013)

Ao mesmo tempo em que os trabalhos na PSV 504 estavam sendo suspensos, a troca de turno ocorria na sala de controle. Os operadores da sala de controle, do novo turno, sabiam que a bomba A estava sob manutenção, mas não estava escrito na permissão de trabalho da manutenção da bomba nada a respeito do trabalho de recertificação. Não se tem certeza se a permissão para trabalho na PSV 504 chegou à sala de controle antes ou depois da troca de turno, contudo, é senso comum que nenhum dos operários presentes no novo turno sabia da falta da válvula no lado de descarga da bomba de injeção de condensado A. (SHALLCROSS, 2013)

Por volta das 21h50min, a bomba de injeção de condensado B parou de funcionar devido a uma falha no sistema de descongelamento de hidratos. Como consequência, a linha de tubulação da bomba B foi desligada automaticamente (HISTORY CHANNEL). A bomba A também não estava funcionando naquele momento, devido ao serviço de manutenção. Dessa forma, se nenhuma das bombas fosse religada em 30 minutos, toda a plataforma pararia, ou seja, um *shutdown* teria de ser efetuado, o que acarretaria em grandes perdas econômicas. (SHALLCROSS, 2013)

Um operário foi enviado para checar a bomba A, no módulo no nível de 20,7 metros (o *Deck Support Frame*). No entanto, do compartimento onde ele estava, não era possível observar a PSV 504, que se encontrava no módulo C, acima da bomba e num compartimento

diferente, como pode ser observado nas Figuras II.5 e II.8 (HISTORY CHANNEL). De acordo com a permissão para trabalho da bomba A, as atividades de manutenção ainda não haviam começado: a bomba A estava eletricamente isolada e as válvulas de entrada e de saída (sendo esta última a PSV 504) estavam fechadas. Decidiu-se, então, cancelar o trabalho de manutenção preventiva da bomba A, reconectá-la à rede elétrica, abrir as válvulas e religar a bomba. Isso ocorreu antes das 22h do dia 6 de julho. (SHALLCROSS, 2013)

Poucos minutos após a bomba A ser colocada em funcionamento, alarmes de vazamento de gás começaram a soar na sala de controle: gás havia sido detectado no módulo C (HISTORY CHANNEL), onde a PSV 504 se localizava. Pouco depois das 22h, o gás encontrou uma fonte de ignição, resultando numa explosão que devastou o compartimento C e começou um incêndio. O dano causado à plataforma devido à explosão foi gigantesco e generalizado, destruindo inclusive a sala de controle, localizada no mezanino no compartimento D (a Figura II.6 apresenta o layout do *deck* de produção, contendo os módulos A, B, C e D). As paredes que separavam os módulos da plataforma não eram resistentes a explosões, apenas ao fogo, o que foi um fator significativo para a magnitude do dano inicial (SHALLCROSS, 2013).

A primeira explosão também danificou a tubulação de condensado no módulo B, devido a projéteis gerados por estilhaços da parede entre os módulos B e C, havendo liberação de gás, devido à despressurização (MARTINS, 2014). Além disso, houve vazamento de óleo cru proveniente da tubulação de óleo principal, pois uma válvula de *shutdown* emergencial não conseguiu bloquear efetivamente o fluxo de óleo. Esses dois fatores contribuíram para aumentar a quantidade de combustível para o fogo, levando o incêndio também para o módulo B e gerando, pouco depois da primeira explosão, uma segunda explosão (CULLEN, 1990).

A Figura II.12 evidencia que a queima de petróleo bruto gerou uma enorme cortina de fumaça densa e preta, que impediu o pouso de helicópteros para o resgate. Estes eram o principal meio de transporte tanto de entrada quanto de saída da plataforma. Como o acesso aos botes salva-vidas também ficara impossibilitado devido à fumaça e às chamas (IAPG, 2007), muitos dos operários se dirigiram ao alojamento (pois este era um dos procedimentos padrão em caso de emergência para facilitar o resgate via helicóptero), que ficava logo abaixo do heliponto, juntando-se a outros operários que naquele momento estavam fora de seus

turnos, dormindo. Em sua maioria, os funcionários nos alojamentos faleceram devido a envenenamento por monóxido de carbono. (KLETZ, 2001)



Figura II.12 - Formação de fumaça preta devido à queima de petróleo bruto da linha principal de óleo, no compartimento B. (Fonte: HISTORY CHANNEL)

Após a primeira explosão, o sistema principal de geração de energia elétrica da plataforma foi severamente danificado e Piper Alpha ficou sem energia. Além disso, as bombas de água para combate a incêndios (que captavam água do mar) não estavam ligadas no modo automático (estavam no modo manual para evitar que mergulhadores fossem sugados acidentalmente), logo o sistema de dilúvio de combate a incêndio não foi ativado imediatamente. Como o módulo D foi severamente afetado pela explosão no compartimento C, os operadores não conseguiram chegar até o local onde se encontravam as bombas de água para incêndio. Sendo assim, a capacidade de combate a incêndio dentro da plataforma estava extremamente limitada (SHALLCROSS, 2013). Além disso, nenhum alarme de emergência soou na plataforma, pois o painel principal, no módulo D, havia sido destruído. (MARTINS, 2014)

Sabe-se que o material que vazou era GLP, devido à chama azul observada logo abaixo do módulo C (Figura II.13), típica da queima de GLP, que é mais denso que o ar (por isso sua

localização abaixo do compartimento C, não acima, apesar da explosão ter ocorrido no módulo C). (MARTINS, 2014)

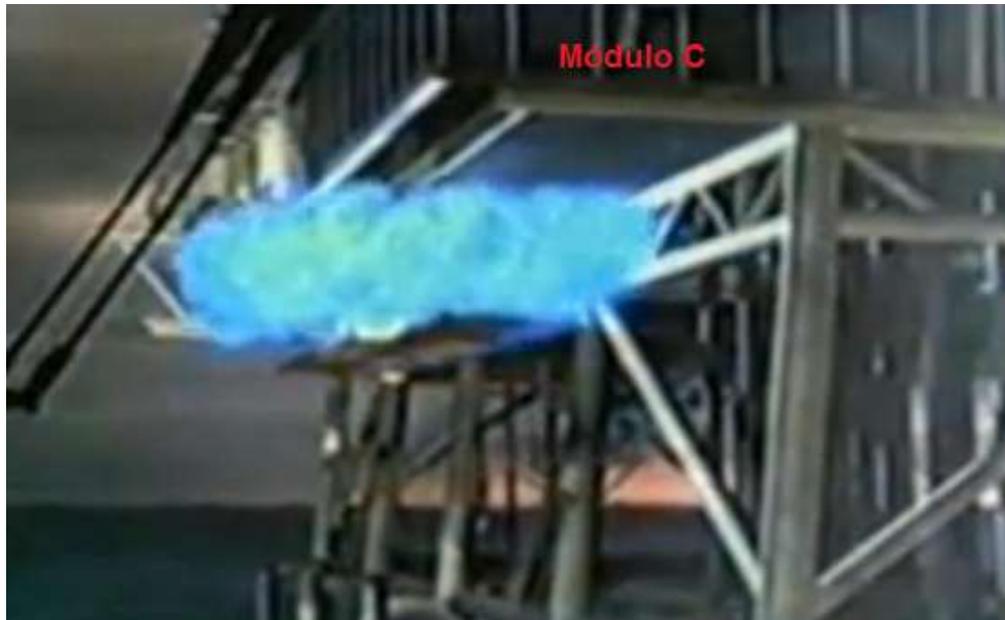


Figura II.13 - Chama azul observada por testemunha que estava a cerca de 25m da plataforma Piper Alpha. (Fonte: MARTINS, 2014)

Os operadores de rádio (a sala de rádio se localizava aproximadamente no nível de 40,5 metros, ao lado do bloco de acomodações) enviaram várias mensagens de ajuda (*maydays*), entretanto tiveram de abandonar seu posto devido à proximidade do fogo. Assim, Piper Alpha não pôde mais se comunicar com as demais plataformas, que sabiam de um incêndio a bordo, mas não tinham noção de sua severidade. (MARTINS, 2014)

Gás e óleo, provenientes das linhas que ligavam Piper Alpha à Claymore, à Tartan, à MCP-01 e ao Terminal de Petróleo Flotta, começaram a retornar a Piper Alpha devido à perda de pressão nas tubulações, uma vez que as plataformas vizinhas não interromperam a operação imediatamente. Isso fez com que mais material inflamável chegasse à plataforma, aumentando o incêndio. (HISTORY CHANNEL) (KLETZ, 2001)

Uma terceira explosão ocorreu por volta das 22h20min, devido à ruptura da tubulação que levava gás da plataforma Tartan para Piper Alpha (PATÉ-CORNELL, 1993). Provavelmente, a ruptura dessa tubulação foi causada pelo incêndio gerado no módulo B. A terceira explosão foi percebida imediatamente por embarcações que estavam a centenas de

metros de distância. Estima-se que a ruptura tenha ocorrido por falha do material da tubulação, devido às altas temperaturas no entorno de sua conexão com a plataforma Piper e que sua despressurização tenha se completado cerca de 55 minutos após o horário da explosão, que ocorreu por volta das 22h. (CULLEN, 1990) (LUCENA et al., 2011)

Mais uma explosão foi detectada, por volta das 22h50min, danificando equipamentos da embarcação de resgate *Sandhaven* (um dos primeiros barcos de socorro a chegar ao local) e causando a morte de dois membros da equipe de resgate (WILKIE, 2015). Acredita-se que a explosão tenha sido causada por outra falha em tubulação, desta vez a conexão com a MCP-01 (CULLEN, 1990)

Após sucessivas explosões e estresse ao material da plataforma devido aos incêndios, a estrutura de Piper Alpha começou a colapsar: inicialmente abaixo do módulo B e estendendo-se até o centro da plataforma (CULLEN, 1990). O colapso foi agravado pela eventual explosão devido à ruptura da linha Piper-Claymore. A estrutura da plataforma foi quase totalmente destruída em cerca de uma hora e meia (MARTINS, 2014). Por fim, como pode ser visto na Figura II.14, a única estrutura que restou acima da superfície foi parte do módulo A. (CULLEN, 1990) (MARTINS, 2014)

A Figura II.15, resume a sequência de eventos do acidente de Piper Alpha.



Figura II.14 - Parte do módulo “A” da plataforma Piper Alpha foi a única estrutura que restou acima da superfície após o desastre. (Fonte: DAILY RECORD, 2015)

PSV 504. Esse flange estava no lado de descarga da tubulação da bomba A de injeção de condensado. Descobriu-se que o flange havia sido encaixado apenas **manualmente**, sem uso de nenhum tipo de equipamento para vedá-lo adequadamente. Quando a bomba começou a operar, o flange não suportou a pressão do GLP. Houve vazamento de condensado, que, devido à queda de pressão, sofreu *flash*, tornando-se vapor. O gás, acumulado no módulo C, encontrou uma fonte de ignição e a primeira explosão ocorreu dando início ao incêndio. (SHALLCROSS, 2013)

As falhas relacionadas ao acidente de Piper Alpha mostraram-se, principalmente, ligadas a deficiências em quatro áreas (CULLEN, 1990):

1. no sistema de permissão para trabalho;
2. no sistema de combate a incêndio;
3. na falta de treinamento para emergências e
4. no sistema de gestão de segurança da Occidental.

Nos próximos itens são abordadas, em linhas gerais, cada uma destas questões. Os erros humanos referentes ao acidente estão, sobretudo, associados ao sistema de permissão para trabalho, aos treinamentos de emergência e ao sistema de gestão de segurança da Occidental. Estes serão analisados em maior detalhe no Capítulo 5.

II.4.1 – Sistema de permissão para trabalho

Cullen (1990) apontou diversas falhas no sistema de permissão para trabalho vigente em Piper Alpha. O procedimento formal escrito apresentava alguns problemas considerados graves, apesar destes não serem tão diferentes do padrão de outras empresas, na época, que operavam em águas britânicas (BOOTH & BUTLER, 1992). No entanto, os maiores problemas estavam na aplicação do sistema de permissão para trabalho, pois, na prática, muitas medidas de segurança não eram tomadas.

II.4.2 – Sistema de combate a incêndio

Segundo Cullen (1990), as bombas d'água para combate a incêndio movidas a diesel, no momento do acidente, encontravam-se em modo manual, portanto não foram acionadas automaticamente quando necessitadas. Além disso, não havia, como em Claymore, um interruptor, na Sala de Controle, que mudasse o modo de operação das bombas (de manual para automático e vice versa). Em teoria, as bombas a diesel em Piper apenas deveriam estar em modo manual quando mergulhadores estivessem realizando alguma atividade no mar, contudo, naquele dia, as bombas não foram passadas para o modo automático. Havia bombas elétricas que poderiam prover água para combater incêndios, mas estas tinham atuação muito limitada no espaço físico da plataforma.

A investigação de Lorde Cullen também observou que havia problemas no sistema de dilúvio da plataforma. Em um teste de rotina no sistema de dilúvio, feito em maio de 1988, no módulo C, constatou-se que 50% dos bocais estavam bloqueados. Isso porque o material com o qual a tubulação fora fabricada sofreu corrosão devido ao contato com a água do mar, acarretando no bloqueio dos bocais. Esse fato não era um problema novo na plataforma: a Occidental já estava ciente desse tipo de problema desde 1984. Cullen (1990) observa que, mesmo que o sistema de dilúvio tivesse funcionado, há dúvidas quanto a sua eficácia para combater o incêndio dado o estado de conservação da tubulação.

II.4.3 – Treinamento em emergências

A Occidental, apesar de formalmente exigir que todos aqueles que estivessem em Piper Alpha tivessem passado por um treinamento externo específico para situações de emergência, por vezes permitia que pessoal não treinado fosse admitido na plataforma. Além disso, as introduções de segurança que eram obrigatórias aos “novatos” na plataforma apresentavam informações erradas ou desatualizadas (CULLEN, 1990).

II.4.4 – Sistema de gestão de segurança da Occidental

O sistema de gestão de segurança da Occidental mostrava-se, segundo Cullen (1990), suficientemente adequado para as condições em teoria. Na prática, os gestores da plataforma tomaram várias ações que minaram a segurança em Piper Alpha, especialmente no caso de um grande acidente como o ocorrido.

No caso da gestão do sistema de permissão para trabalho, as investigações mostraram que gestores de níveis hierárquicos mais elevados simplesmente não sabiam de falhas graves que ocorriam no sistema. Em um caso de fatalidade ocorrida no ano anterior ao acidente de Piper, devido a erro no sistema de permissão de trabalho e a problemas nas mudanças de turno (que não eram monitoradas), a gerência não divulgou apropriadamente os resultados da investigação feita e pareceu desencorajar a discussão sobre o assunto (CULLEN, 1990).

Capítulo III – O acidente de Piper Alpha e as mudanças no setor de exploração *offshore* de óleo e gás

A empresa Occidental Petroleum, sócia majoritária e empresa operadora de Piper Alpha, tinha uma política escrita de segurança. Os procedimentos eram reconhecidos e bem estabelecidos no que dizia respeito a operações perigosas. Essa política de segurança era referência para a indústria *offshore* e até para outros setores. Para Waring & Glendon (1998), o grande problema estava na aplicação dos conceitos, que era deficiente.

À época do acidente em Piper Alpha, a indústria *offshore* mundial ainda não estava tão desenvolvida. No Reino Unido em particular, onde o acidente ocorreu, vale frisar que a legislação *offshore* foi quase que integralmente copiada da legislação *onshore*, dada a pressa para que se iniciasse a prospecção de petróleo no mar. Sendo assim, não se teve a adaptação necessária de alguns pontos.

Neste capítulo analisou-se a situação da indústria de exploração de petróleo *offshore* mundial, em relação aos números de acidentes e de fatalidades, antes e depois do acidente de Piper Alpha; além de verificar se há alguma mudança perceptível nos dados nos anos seguintes ao acidente. Também foram apresentadas as sugestões de mudança na indústria, levadas ao governo britânico após a conclusão das investigações (lideradas por Lord Cullen - juiz da corte escocesa). As sugestões feitas tiveram tamanho impacto que não se limitaram ao Reino Unido, mas influenciaram a indústria mundial de exploração de petróleo *offshore*.

III.1 - Dados gerais de acidentes em plataformas *offshore*, de 1956 a 2011

Piper Alpha não era uma “ilha de erros” num “mar de boas práticas”, na área de segurança, na indústria *offshore*. Na verdade, os erros que levaram ao acidente de Piper eram comuns à indústria na época: esse é um dos motivos que tornam o acidente de Piper tão importante e porque muito se pôde aprender com ele. Com o intuito de se averiguar possíveis mudanças na indústria de petróleo mundial, influenciadas pelo desastre de Piper Alpha,

apresenta-se, a seguir, uma análise da quantidade de acidentes e de fatalidades ocorridos desde 1956 até os anos 2010 em plataformas *offshore*.

Ismail et al. (2014) analisaram uma série de acidentes na indústria de petróleo *offshore* mundial, desde a primeira semana de 1956 até a última semana de 2011. Foram observados **216 acidentes** nesse período, considerando-se: **plataformas fixas** (PF), **plataformas autoeleváveis** (PA), **navios-sonda** (NS) e **plataformas semissubmersíveis** (PS). A Tabela III.1 apresenta a quantidade de acidentes ocorridos em cada tipo de estrutura. Os autores basearam-se em artigos científicos, livros e em registros e relatórios públicos para chegar a esses números. (ISMAIL et al, 2014)

Tabela III.2 - Quantidade de acidentes por tipo de estrutura no período de 1956 até 2011 (adaptado de ISMAIL et al, 2014).

Tipo de estrutura	Quantidade de acidentes
Plataforma autoelevável	138
Plataforma fixa	42
Plataforma semissubmersível	23
Navio-sonda	13

Observa-se que a maior parte dos acidentes, nesse período, ocorreu em plataformas autoeleváveis. Como essas plataformas são utilizadas principalmente para perfuração de poços, isso faz com que tenham de ser levadas a zonas ainda desconhecidas de exploração, o que pode aumentar o risco de acidentes. (ISMAIL et al, 2014)

No gráfico da Figura III.16, pode-se observar as causas dos acidentes. A maior parte deles foi causada por *blowouts* (“*blowout*” é definido como o fluxo descontrolado de fluido do poço para a superfície devido a falha no sistema de controle de pressão) (COSTA & LOPEZ, 2011). Furacões, problemas no reboque, falha em alguma das pernas de sustentação, tempestades e vazamentos de gás foram também bastante observados. Em “Outros”, há causas que ocorreram com menor frequência (até quatro vezes no período considerado de 1956 até

2011), como: inundações, incêndios, falha no solo, colisões, explosões, dentre outros. Vê-se que quase metade dos acidentes foi causada por *blowouts*.

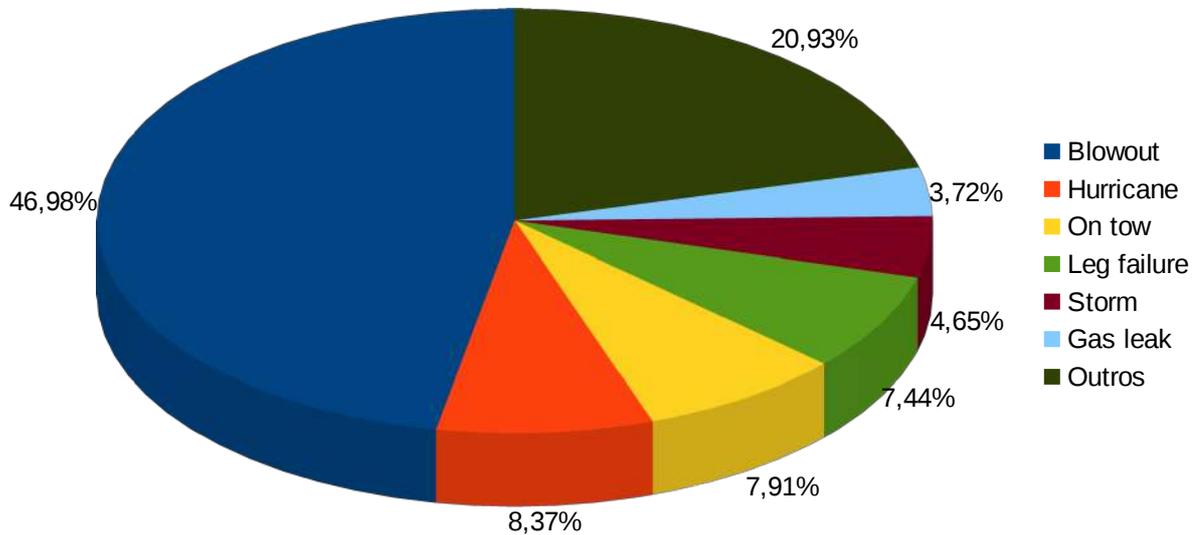


Figura III.16 - Causas dos acidentes em plataformas offshore (adaptado de ISMAIL et al, 2014).

Ismail et al. (2014) também analisaram os dados por localidade, para que uma possível tendência em determinada região não fosse mascarada pelos registros de outros locais. Os acidentes foram divididos nas seguintes regiões:

- Europa;
- América do Norte;
- América do Sul;
- Ásia e Australásia;
- África e
- Oriente Médio.

Em relação à quantidade de acidentes por região, têm-se os seguintes valores, apresentados no gráfico da Figura III.17.

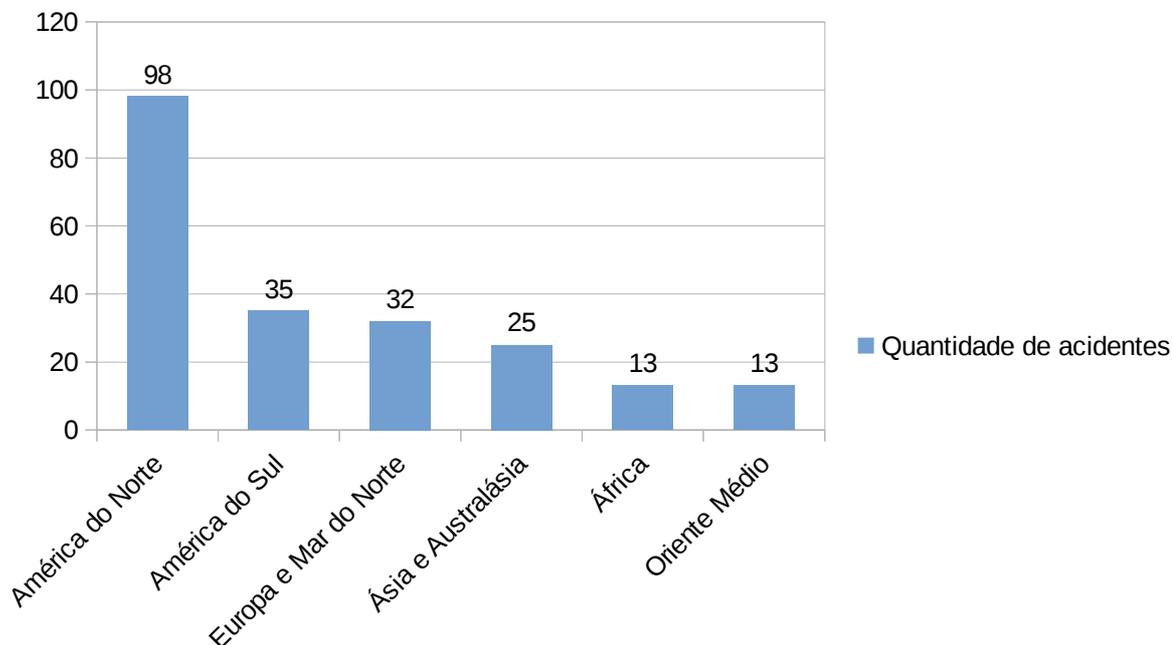


Figura III.17 - Quantidade de acidentes por região, de 1956 a 2011 (adaptado de Ismail, 2014).

Observa-se uma maior quantidade de acidentes na América do Norte em relação às outras localidades.

III.2 - Evolução no número de acidentes e de fatalidades

A partir das listas de acidentes apresentadas por Ismail et al (2014), pode-se fazer uma análise da **quantidade de acidentes** e de **fatalidades** por **região**, por **década**. Chegando-se, assim, às Tabelas III.3 e III.4 e aos gráficos das Figuras III.18 e III.19. Optou-se por não se incluir os acidentes ocorridos nos “anos 2010”, pois há apenas dois anos nos registros (2010 e 2011) e somente dois acidentes ocorridos na América do Norte: Deepwater Horizon (com 11 fatalidades) e Vermilion Bk 380 (com nenhuma fatalidade).

Tabela III.3 - Acidentes ocorridos na indústria de exploração de petróleo offshore, desde 1956 até 2009, separados por região e por década (adaptada de Ismail et al, 2014).

	Acidentes					
	Anos 50	Anos 60	Anos 70	Anos 80	Anos 90	Anos 2000
Europa	0	6	6	14	4	2
América do Sul	0	0	4	22	4	5
América do Norte	4	11	16	30	13	24
Oriente Médio	1	0	3	5	2	2
Ásia e Australásia	0	2	6	13	2	2
África	0	1	2	5	2	3
Mundo	5	20	38	89	27	38

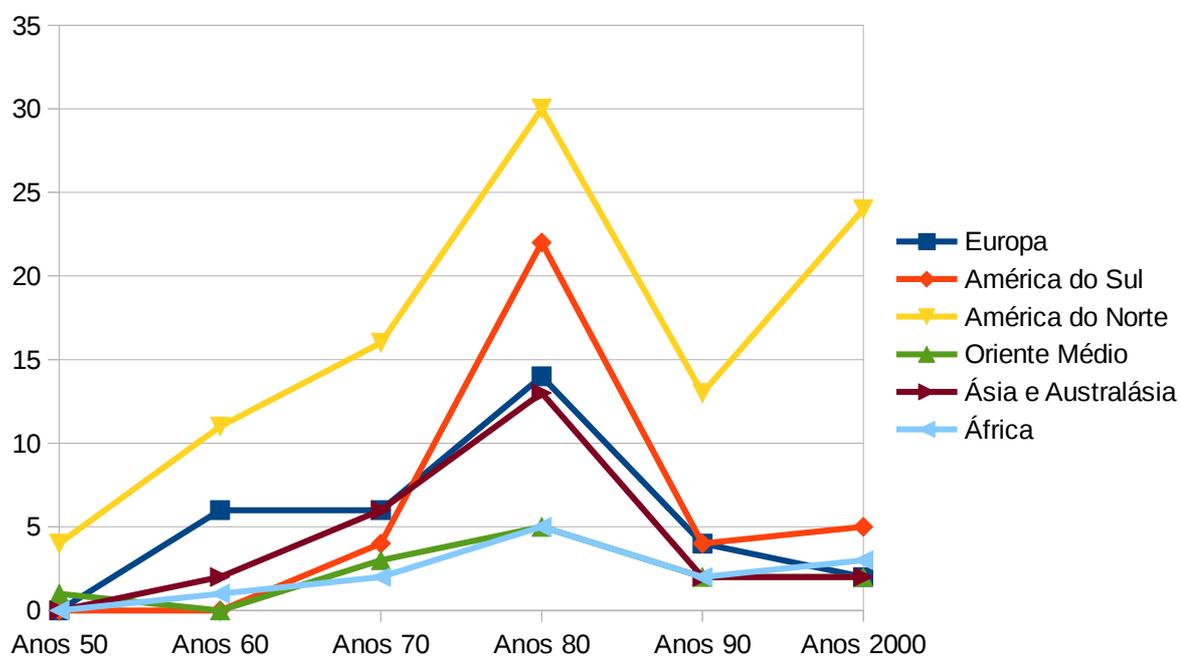


Figura III.18 - Quantidade de acidentes ocorridos na indústria de exploração de petróleo offshore ao longo do tempo (desde 1956 até 2009), separados por região e por década (adaptado de Ismail et al, 2014).

Observa-se, na Tabela III.3 e no gráfico da Figura III.18, que, de forma geral, o número de acidentes foi aumentando, desde 1956, até atingir um máximo nos anos 80. Após isso, na década de 90, há uma grande diminuição. Nos anos 2000, para quase todas as regiões,

a quantidade de acidentes permanece próxima aos valores da década anterior, com exceção para a América do Norte. Esta apresentou considerável aumento.

Observa-se, na Tabela III.4 e no gráfico da Figura III.19 um drástico aumento no número de fatalidades na década de 80, comparando-se com os números de mortes das décadas anteriores. Em contraste, na década seguinte (anos 90), houve uma brusca queda no número de fatalidades. Nos anos 2000, os índices mantiveram-se próximos aos valores dos anos 90.

Tabela III.4 - Fatalidades ocorridas na indústria de exploração de petróleo offshore, desde 1956 até 2009, separadas por região e por década (adaptada de Ismail et al, 2014).

	Fatalidades					
	Anos 50	Anos 60	Anos 70	Anos 80	Anos 90	Anos 2000
Europa	0	13	12	303	2	0
América do Sul	0	0	8	37	0	11
América do Norte	5	29	30	90	1	0
Oriente Médio	0	0	72	254	0	22
África	0	0	18	235	18	0
Mundo	25	42	140	961	21	40

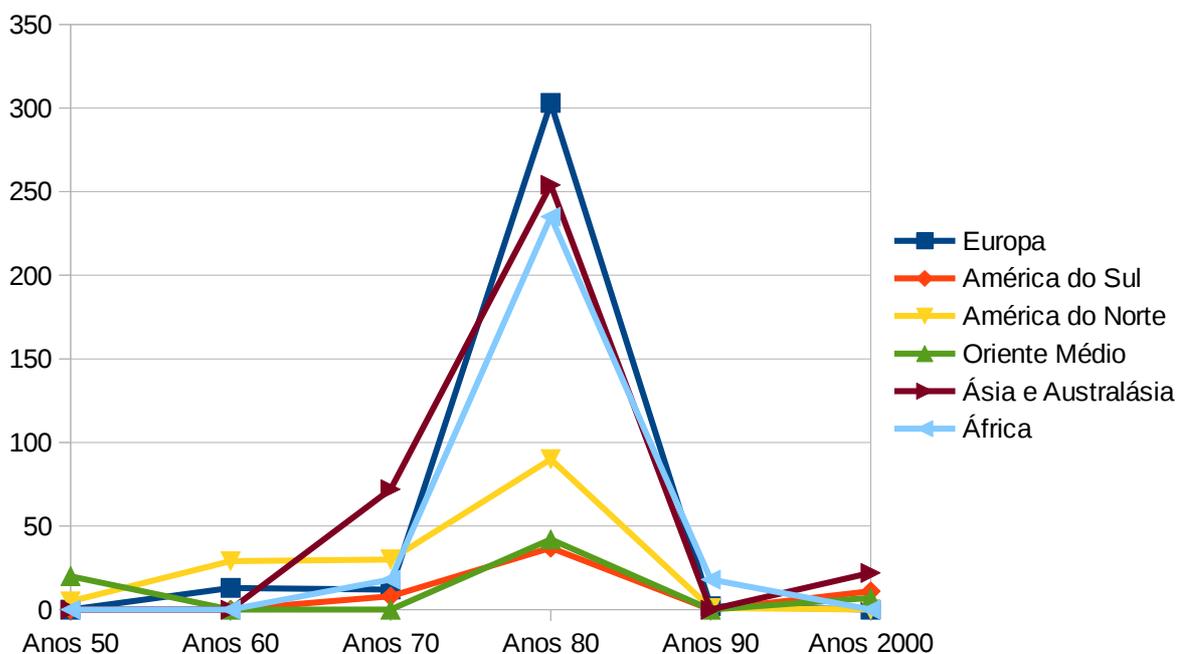


Figura III.19 - Quantidade de fatalidades ocorridas na indústria de exploração de petróleo offshore ao longo do tempo (desde 1956 até 2009) separadas por região e por década (adaptado de Ismail et al, 2014).

Considerando-se os dados globalmente, chega-se aos gráficos das Figuras III.20 e III.21. relativos, respectivamente, ao número de acidentes ocorridos no mundo de 1956 a 2009 e à quantidade de fatalidades no mesmo período.

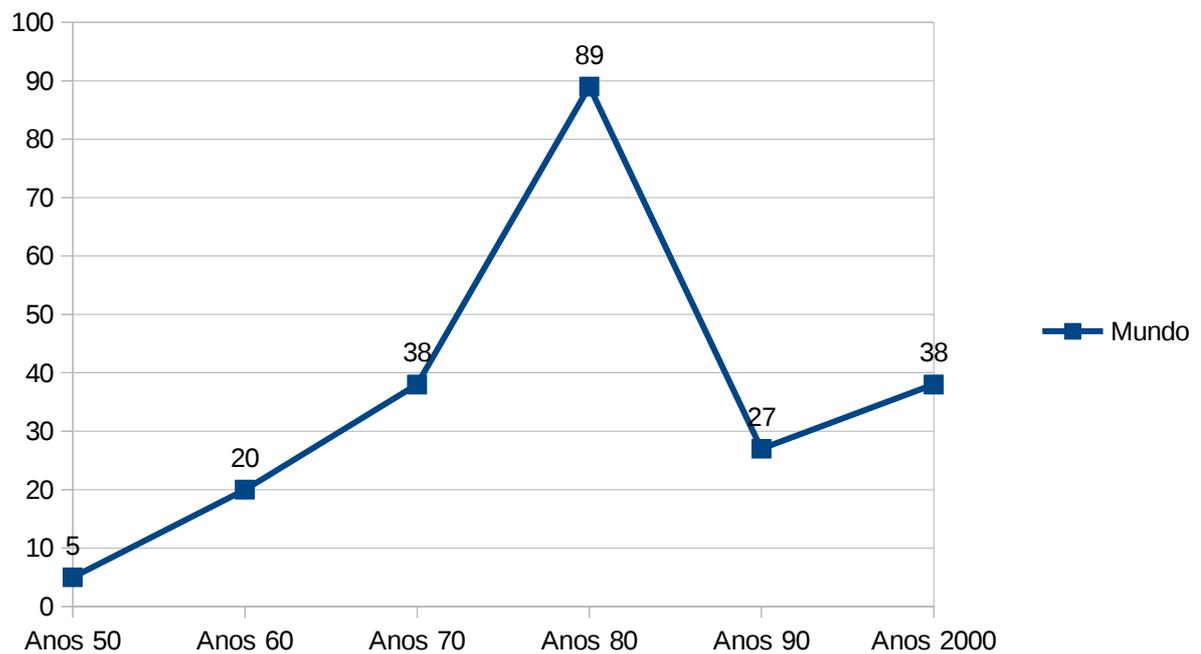


Figura III.20 - Quantidade de acidentes ocorridos na indústria de exploração de petróleo offshore mundial ao longo do tempo (desde 1956 até 2009) (adaptado de Ismail et al, 2014).

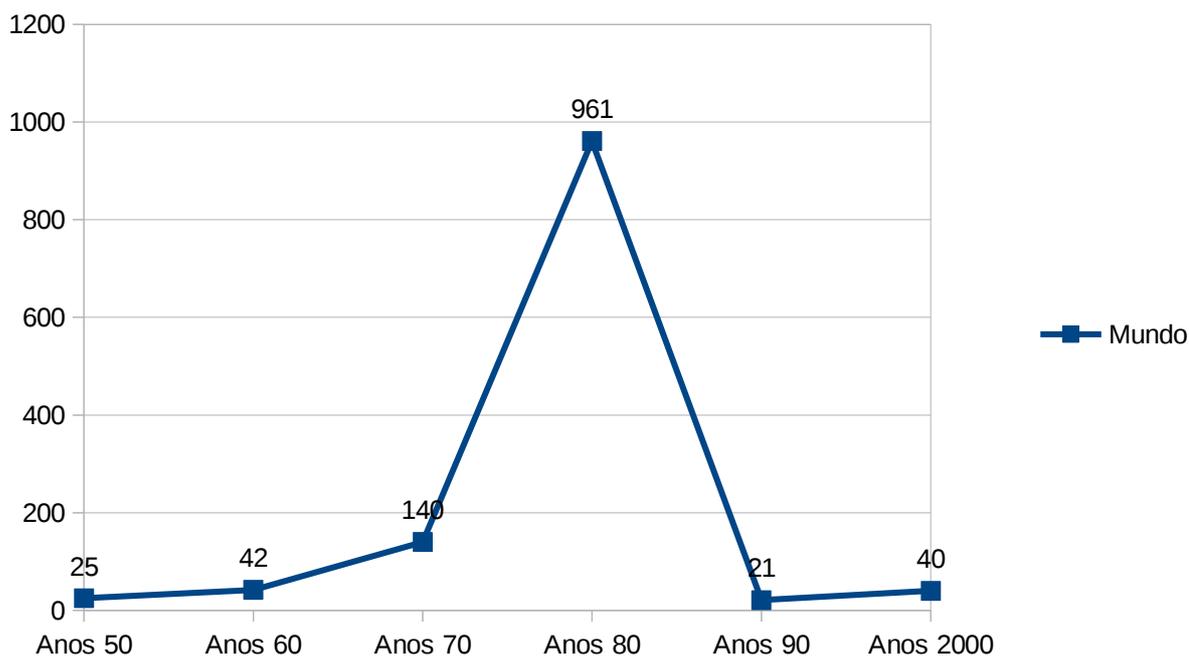


Figura III.21 - Quantidade de fatalidades ocorridas na indústria de exploração de petróleo offshore mundial ao longo do tempo (desde 1956 até 2009) (adaptado de Ismail et al, 2014).

O aumento do número de acidentes e de fatalidades na década de 80 pode ser resultado da intensificação da exploração de petróleo e de gás naquela época, com consequente elevação no número de plataformas *offshore*, sem que uma preocupação com a área de Segurança acompanhasse tal aumento. Apesar do acidente de Piper Alpha não ter sido o único grande acidente a ocorrer na década de 80, as lições aprendidas no acidente de Piper certamente influenciaram mudanças na área de Segurança na indústria mundial, devido à quantidade de vítimas fatais, ao local em que ocorreu (Europa) e pelo prejuízo financeiro causado (3 bilhões de dólares, nos valores da época).

III.3 - As sugestões de mudanças na indústria *offshore* do Reino Unido propostas por Lorde Cullen

Para que acidentes da magnitude de Piper Alpha fossem evitados no futuro, foi preciso aprender com os erros cometidos e aplicar as lições aprendidas.

Lorde Cullen, juiz da Corte Escocesa, foi o responsável por liderar a investigação pública do governo britânico sobre o acidente de Piper Alpha. Após cerca de dois anos de investigação, foi publicado um inquérito, dividido em dois volumes. No primeiro, Lorde Cullen destacava as causas do acidente enquanto que, no segundo, fez propostas de mudanças para o setor, com o intuito de melhorar a segurança nas operações de exploração de petróleo *offshore* (CULLEN, 1990).

Foram feitas 106 recomendações, que foram prontamente aceitas pelo setor empresarial e pelo governo britânico (OIL & GAS, UK, 2008). Vale observar que, dada a magnitude do acidente, antes do relatório de Lorde Cullen ser finalizado, as empresas exploradoras de óleo e gás atuantes no Reino Unido já haviam investido cerca de 1 bilhão de libras em melhorias no setor (incluindo melhorias no sistema de permissão para trabalho; melhorias nos sistemas de fuga e evacuação e instalação de sistemas de isolamento de tubulação marinha) (OIL & GAS, UK, 2008).

As recomendações foram separadas em 24 temas, conforme pode ser visto na Tabela III.5 (CULLEN, 1990), em que se associa cada tema à quantidade de recomendações e ao tipo de recomendação (de prevenção ou de mitigação).

Tabela III.5 - Temas das 106 recomendações feitas por Lorde Cullen, associadas também ao tipo: prevenção (P) ou mitigação (M) (adaptado de Cullen, 1990).

Tema	Qtd. de Recomendações	Tipo
Plano de segurança	13	P
Auditorias do sistema de gestão de segurança da empresa operadora	2	P
Pesquisas e avaliações independentes das instalações	1	P
Legislação	6	P
Órgão regulador	4	P
Comitês de segurança e representantes de segurança	5	P
Permissão para trabalho	7	P
Relatórios de incidentes	1	P
Controle do processo	3	P
Inventário de hidrocarbonetos, <i>risers</i> e tubulações	4	P

Tema	Qtd. de Recomendações	Tipo
Detecção de fogo e de gás e <i>shutdown</i> de emergência	2	M
Proteção contra fogo e explosões	6	M
Acomodação, rotas de escape, pontos de embarque e abrigos de segurança temporários	7	M
Sistemas e centros de emergência	9	M
Procedimentos de emergência em relação à tubulação	2	M
Evacuação, escape e resgate	4	M
Helicópteros	1	M
Embarcações de sobrevivência motorizadas totalmente fechadas	4	M
Formas de escape para o mar	3	M
Equipamento pessoal de sobrevivência e de fuga	3	M
Embarcações de resgate	9	M
Comando em situações de emergência	3	M
Simulações e exercícios de emergência e de evacuação	5	M
Treinamento para situações de emergências	2	M

Fonte: Tradução livre e adaptação de Cullen (1990).

A Tabela III.6 apresenta a quantidade de recomendações associada ao tipo de recomendação e à quantidade de temas.

Tabela III.6 - Quantidade de recomendações associadas à quantidade de temas e ao tipo de recomendação (adaptado de Cullen, 1990).

Tipo	Temas	Recomendações
Prevenção	10	46
Mitigação	14	60

Como se pode observar nas Tabelas III.5 e III.6, as recomendações de Lorde Cullen focaram-se na preservação de vidas humanas e na redução de vítimas fatais na indústria *offshore* quando da ocorrência de um acidente. As sugestões buscam diminuir a probabilidade de ocorrência de acidentes e mitigar danos quando um acidente não puder ser evitado.

Das 106 recomendações feitas, 57 foram para a agência governamental reguladora britânica *Health and Safety Executive* (HSE), 48 foram para as empresas de exploração de óleo e gás e 1 recomendação foi para a *Standby Ship Owners Association* (Associação dos Donos de Embarcações de Intervenção, em tradução livre).

A seguir estão detalhadas algumas das recomendações apresentadas.

III.3.1 – Plano de segurança

A principal medida sugerida por Lorde Cullen foi a de que todas as empresas que operassem em águas britânicas fossem obrigadas, pela legislação, a submeter à HSE um plano de segurança detalhado para cada uma de suas plataformas *offshore* que estivessem em águas britânicas. Essa medida passou a vigorar a partir de 1992, sob o nome de “Regulamento de Instalações *Offshore*” (*Offshore Installations Regulations*). Ao final de 1993, todas as plataformas *offshore* no Mar do Norte, na porção pertencente ao Reino Unido, já tinham submetido um plano de segurança à HSE. E, no fim de 1995, a agência reguladora já tinha aprovado todos os planos de segurança de todas as plataformas atuantes no Reino Unido.

O plano de segurança deveria avaliar e controlar (buscando sempre minimizar) os riscos de acidentes graves nas *offshores* e fornecer, em detalhes, as medidas necessárias para a gestão da segurança nas plataformas. O plano de segurança sugerido por Cullen (1990) a ser feito pelas empresas deveria conter as seguintes características:

- O sistema de gestão de segurança da empresa e o da plataforma em particular deveriam ser adequados para assegurar um ambiente seguro para os funcionários, para as atividades regulares dentro da plataforma e para manter a integridade física das instalações;
- o plano de segurança deveria garantir que riscos em potencial à integridade das pessoas e à integridade da plataforma fosse identificados e controlados apropriadamente;
- todas as plataformas deveriam ter um Refúgio Seguro Temporário (RST) para abrigo dos funcionários no caso de ocorrência de uma grande emergência, além de um plano

de evacuação e resgate. O plano de segurança também deveria especificar: as rotas de escape para o Refúgio Seguro Temporário (RST) e do RST para os pontos onde havia os botes salva-vidas; o número e a localização dos botes salva-vidas; as condições físicas destes equipamentos; as situações para as quais os botes seriam utilizados e por quanto tempo manteriam sua integridade física dadas as condições de uso. Em Piper Alpha, a recomendação era de que os funcionários se dirigissem às acomodações para esperar por resgate por helicóptero numa situação de emergência. Contudo, no dia do acidente, devido à fumaça, não havia como um helicóptero se aproximar da plataforma e muitas pessoas faleceram nas acomodações devido à inalação de fumaça;

- o sistema de gestão de segurança das novas e antigas plataformas deveria considerar o *design* (conceitual e detalhado) das instalações físicas e os procedimentos (operacional e de emergência). Em relação às plataformas já existentes (antigas) o *design* deveria ser revisto e aprimorado o máximo possível dadas as circunstâncias;
- o sistema de gestão de segurança das empresas e de cada plataforma deveria ser composto por objetivos (metas a serem alcançadas). Deveriam haver padrões de desempenho a serem seguidos e maneiras de monitorar se esses padrões haviam sido atingidos;
- a empresa operadora deveria mostrar no plano de segurança que os riscos decorrentes da exploração dos hidrocarbonetos em questão (tanto na plataforma quanto nos *risers* e outras tubulações a que a plataforma esteja associada) haviam sido minimizados;
- os planos de segurança deveriam ser atualizados, no mínimo, a cada 3 anos e, no máximo, a cada 5 anos. A depender da HSE, esse prazo poderia ser modificado (numa situação de grave acidente, inovação tecnológica ou mudança de empresa operadora de uma plataforma, por exemplo).

III.3.2 – Auditorias do sistema de gestão de segurança

A empresa operadora deveria auditar seu próprio sistema de gestão de segurança com regularidade (não havendo, no relatório, especificação de tempo). Quanto à HSE, esta deveria: inspecionar regularmente se o sistema de gestão de segurança da operadora estava

funcionando adequadamente; ocasionalmente analisar as auditorias feitas pela operadora e realizar auditorias próprias nas plataformas *offshore* caso julgasse necessário.

III.3.3 – Legislação

Para Cullen (1990), a legislação voltada para a indústria *offshore* deveria ser focada num sistema progressivo de atingimento de metas e não numa descrição de medidas a serem tomadas (como era o caso antes do acidente de Piper). Nesse contexto, Cullen (1990) sugeriu a revogação de algumas leis e sua substituição por outras, todas orientadas por metas, nas áreas de: estrutura e *layout* de plataformas *offshore*; equipamentos utilizados em plataformas *offshore*, sobretudo aqueles usados para lidar com hidrocarbonetos; proteção contra fogo e explosões e procedimentos de emergência, evacuação e resgate.

A HSE deveria oferecer sugestões para auxiliar as empresas a atingirem os objetivos requeridos pela própria agência reguladora, sem contudo “engessar” como a empresa deveria atuar para atingir as metas requeridas. Além disso, a HSE deveria monitorar as empresas nesse processo e assegurar que tanto o ponto de vista dos empregados quanto dos empregadores seriam levados em consideração.

Após a emissão das recomendações de Lorde Cullen, houve um grande desenvolvimento de leis a respeito da indústria de óleo e gás no anos 90, no Reino Unido (TURNER). Além do Regulamento de Instalações *Offshore* (citada no item III.3.1), vale citar outros três importantes regulamentos que detalharam melhor o Regulamento de Instalações *Offshore* de 1992 e ajudaram a nortear o setor de óleo e gás:

1. *The Offshore Installation and Pipeline Works (Management and Administration) Regulations 1995*: estabeleceu requisitos para a gestão segura de instalações *offshore*, estabelecendo, por exemplo, parâmetros para a nomeação de gerentes da plataforma (*Offshore Installation Manager*, a autoridade máxima dentro da plataforma) e para o uso do sistema de permissão para trabalho, cujas deficiências, em Piper Alpha, contribuíram fortemente para a ocorrência do acidente.
2. *The Offshore Installations (Prevention of Fire and Explosion, and Emergency Response) Regulations 1995*: versou sobre as exigências necessárias para a proteção

de trabalhadores de plataformas *offshore* contra incêndios e explosões e assegurou que as plataformas tivessem uma resposta efetiva a situações de emergência. Em Piper, não havia paredes resistentes a explosões em lugar algum na plataforma e o sistema de combate a incêndio mostrou-se ineficiente no dia do acidente.

3. *The Offshore Installations and Wells (Design and Construction) Regulations 1996*: focou-se em assegurar a integridade das instalações físicas das plataformas *offshore*, a segurança de poços em terra e no mar e a segurança geral do ambiente de trabalho em plataformas *offshore*.

III.3.4 – Comitês de segurança e representantes de segurança

Cullen (1990) reforça a importância do envolvimento da força de trabalho na gestão da segurança das plataformas *offshore*. Tal envolvimento deveria ser encorajado pelo órgão regulador, pelas empresas operadoras e pelas empresas terceirizadas.

III.3.5 – Permissões de trabalho

Cullen (1990) recomendou que o sistema de permissão de trabalho deveria ser integrado ao sistema de gestão de segurança da empresa operadora. Vale lembrar que o sistema de permissão de trabalho de Piper Alpha apresentava graves falhas a respeito das quais a administração da Occidental havia sido negligente.

Além disso, a HSE e a empresa operadora deveriam ter especial atenção com o treinamento de funcionários terceirizados que ocupassem cargos de supervisão, dado que poderiam operar com o sistema de permissão para trabalho (tanto como responsáveis por uma equipe de trabalho quanto como chefes na sala de controle). Nesses casos, esses funcionários terceirizados deveriam também levar consigo documento comprobatório de que tinham treinamento para lidar com o sistema de permissão para trabalho. Em Piper Alpha, a Occidental não treinava os funcionários terceirizados que iriam atuar como supervisores das operações envolvendo permissões de trabalho.

Para Cullen (1990), uma padronização total dos sistemas de permissão para trabalho das várias empresas operadoras de plataformas *offshore* não seria necessária nem praticável. Mas, era desejável que se buscasse alguma harmonização nos diversos sistemas, como no uso dos mesmos tipos de cores para diferentes tipos de permissões e no tempo de validade destes documentos.

Outra recomendação foi a de que o isolamento mecânico deveria constar nos procedimentos escritos dos sistemas de permissão de trabalho. O isolamento mecânico envolvia o travamento físico de válvulas de bloqueio (para que ninguém pudesse abri-las inadvertidamente) e a afixação de etiquetas (*tags*), para demonstrar visualmente que determinada válvula estivesse fechada devido a algum trabalho ou manutenção. Além disso, caso algum equipamento estivesse isolado (apenas mecanicamente ou de forma mecânica e eletricamente), este deveria permanecer assim até que o trabalho estivesse finalizado e a permissão de trabalho análoga fosse assinada por um supervisor (dessa forma, retificando que o trabalho estaria, de fato, completo e que não haveria riscos para se religar o equipamento). Em Piper Alpha, a bomba A, que estava fora de serviço para manutenção, não havia sido isolada mecanicamente. Ao ser religada, houve vazamento de condensado pela válvula PSV 504 dando início ao acidente.

Cópias das permissões de trabalho deveriam ser dispostas em locais convenientes, de fácil visualização, para que operários pudessem checar rapidamente quais equipamentos estariam em manutenção e, dessa forma, não disponíveis para operar (CULLEN, 1990). Em Piper Alpha, era comum que a permissão de trabalho não estivesse disposta no local onde se realizava o trabalho, impossibilitando que operadores no local se informassem rapidamente sobre as condições dos equipamentos.

III.3.6 – Treinamento para situações de emergência

As diretrizes da *Oil and Gas UK* (antigamente UKOOA) para treinamentos de segurança em emergências em instalações *offshore* seriam os requerimentos mínimos que operários deveriam possuir para poder atuar nessas plataformas. Caso não possuíssem o treinamento adequado, ou seja, caso não tivessem passado por treinamentos que atendessem

ao menos às diretrizes da Oil and Gas UK, então não estariam aptos a embarcar em instalações *offshore*. O controle quanto à aptidão dos operários deveria ser gerenciado pela empresa operadora. Ademais, o sistema de treinamento em emergências de cada empresa deveria fazer parte de seu sistema de gestão de segurança (CULLEN, 1990).

Capítulo IV – Erros humanos

Errar é algo inerente ao ser humano, pois, de uma perspectiva evolucionária, trata-se de uma importante ferramenta de aprendizagem. Contudo, em sistemas modernos industriais, erros humanos são um grande problema, devido ao potencial de dano que podem causar à sociedade, à economia e ao meio ambiente (GLENDON; CLARCK; MCKENNA, 2006). Daí a importância de se entender o significado deste conceito.

Neste capítulo é discutida a definição do termo “erro humano”, bem como o significado de outros conceitos relacionados. Vale salientar que, neste trabalho, os termos “erro humano” e “falha humana” serão usados como sinônimos.

IV.1 - Definições

Não há uma definição amplamente aceita de erro humano (SAURIN; GRANDO; COSTELLA, 2012). A Tabela IV.7 apresenta algumas possíveis definições para o conceito de acordo com Reason (1990) e Rasmussen (1981), autores amplamente mencionados na literatura. Também apresenta-se a definição de Sanders e McCormick (1993), que, embora menos citados, oferecem uma definição simples e facilmente compreensível para o termo “erro humano”.

Tabela IV.7 - Possíveis definições de erro humano.

Autor	Definição
Reason (1990)	Ocasões em que uma sequência planejada de atividades físicas ou mentais falha em atingir seus objetivos, sem que o erro possa ser atribuído ao acaso.
Rasmussen (1981)	Se um sistema tem um desempenho menos satisfatório do que o usual, devido a uma ação humana ou devido a um distúrbio que poderia ser controlado ou neutralizado por um ato humano, então a causa desse desempenho inadequado pode ser atribuída a erro humano.
Sanders e McCormick (1993) apud Saurin, Grando e Costella (2012)	Erro humano é uma decisão ou comportamento inapropriado que reduz a segurança de um sistema.

Mesmo que não haja consenso quanto a uma definição única para o conceito, Hansen (2006) observou atributos para o termo que aparecem de forma repetitiva na literatura. Concluindo, então, que erros humanos, de forma geral, têm as seguintes características:

- são ações **realizadas por um ser humano**;
- são ações que **ocorrem na interface entre um indivíduo e um sistema** (seja ele uma máquina, um outro indivíduo ou um determinado ambiente);
- são ações **deliberadas e voluntárias** (Reason (1990) define que há ações intencionais, as chamadas “violações”);
- as ações **excedem limites de tolerância**.

Vale salientar que “erro humano” encontra-se dentro da área de estudo de “fatores humanos”. Este último é um termo que engloba diversos assuntos relacionados ao estudo do desempenho e do comportamento das pessoas no ambiente de trabalho (e fora dele), incluindo: procedimentos de trabalho, equipamentos e tecnologias utilizadas, inter-relações entre indivíduos no trabalho, cultura da organização, cultura do país em que a organização se localiza, dentre outros aspectos (AUSTRÁLIA – CIVIL AVIATION SAFETY AUTHORITY, 2012). Portanto o termo “erro humano” não deve ser confundido com o termo mais geral “fator humano”.

Por fim, é importante observar que erros humanos, em geral, são atribuídos *a posteriori*, ou seja, apenas depois que algum acidente ocorre e seus fatores contribuintes são investigados, chega-se a ações consideradas erradas. No caso de Piper Alpha, por exemplo, várias atividades executadas pela plataforma eram prática comum na indústria *offshore*. Apenas depois do acidente, essas práticas foram repensadas e algumas delas definidas como inseguras e classificadas como erro humano.

IV.2 - Tipos de erros humanos

Há diversas formas de se classificar falhas humanas. Aqui são apresentados dois possíveis modelos de categorização, como exibido na Figura IV.22.

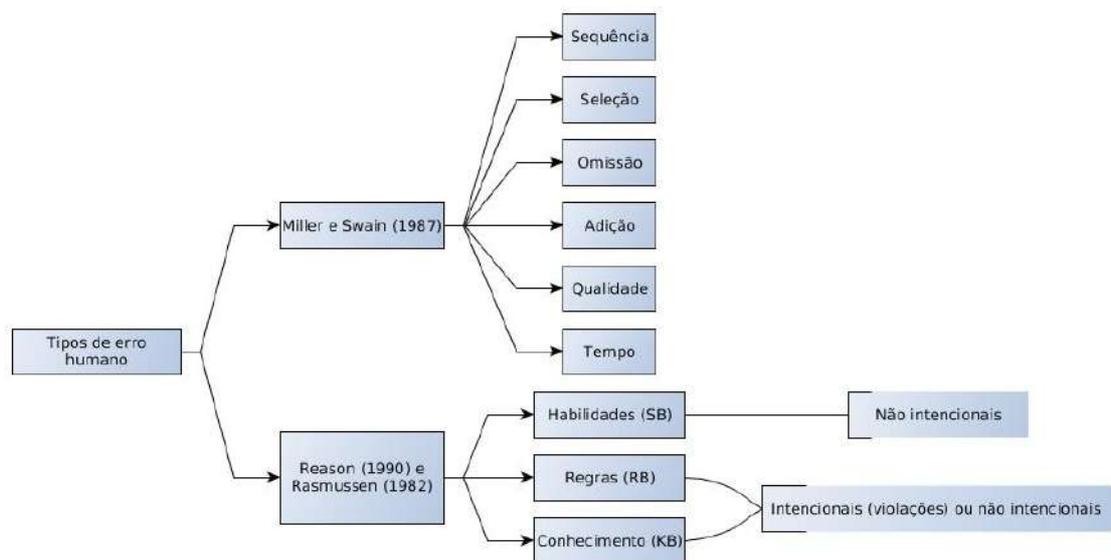


Figura IV.22 - Tipos de erro humano segundo Miller & Swain (1987) e Reason (1990) e Rasmussen (1982) (adaptado de Glendon, Clarck e Mckenna (2006)).

Miller e Swain (1987) apud Glendon, Clarck e Mckenna (2006) adotaram um sistema com seis categorias de falha humana:

- **Sequência:** sequência incorreta de ações;
- **Seleção:** escolha incorreta de uma gama de opções;
- **Omissão:** não inclusão de algo, por exemplo, numa sequência de passos;
- **Adição:** inclusão de algo que não deveria estar no sistema;
- **Qualidade:** uma ação não foi desempenhada corretamente.
- **Tempo:** uma ação ocorreu cedo demais ou tarde demais;

Como exemplo de aplicação da classificação acima, pode-se citar o seguinte caso: se um operador necessita inspecionar o local de trabalho antes de assinar uma permissão de trabalho, mas não o faz e assina o documento mesmo assim, então esse erro pode entrar na categoria de “omissão”, pois o operador não incluiu na sequência de passos a etapa de inspecionar o local.

Reason (1990) desenvolveu um sistema de classificação mais genérico, baseado em um modelo de três diferentes **níveis de desempenho**, sendo que estes níveis de desempenho foram propostos por Rasmussen (1982). Dessa forma, a taxonomia proposta por Reason (1990), tomando como base o trabalho de Rasmussen (1982), dividiu os tipos de erro humano em três categorias (Figura IV.1):

- **Erros relacionados com a habilidade do operador (do inglês: *skill-based (SB)*):** ações automáticas e inconscientes que geram erros, estando estes em geral relacionados com falhas de monitoramento devido a pouca atenção ou a atenção demasiada em alguma situação;
- **Erros relacionados a regras (do inglês: *rule-based (RB)*):** boas regras aplicadas erroneamente ou regras ruins aplicadas numa determinada situação podem levar a erro humano. Ocorrem quando o operador está, de forma consciente, tentando resolver um problema;
- **Erros relacionados ao grau de conhecimento do operador (do inglês: *knowledge-based (KB)*):** deficiências no conhecimento do operador a respeito de um determinado assunto ou atividade que levam a erro, a ação do operador é consciente e planejada, mas falha em atingir seu objetivo.

Reason (1990) observa que alguns erros são ações intencionais e, a esses erros, ele dá o nome de “**violações**”. Esses erros, em geral, estão relacionados a regras (RB), mas também podem ocorrer no nível de grau de conhecimento do operador (KB). Para Reason (1990), violações não são sempre repreensíveis: elas podem ser ações necessárias em algumas situações.

Reason (1997) apud Glendon, Clarck e Mckenna (2006) aponta também que os erros humanos podem ser falhas ativas ou latentes:

- **Falhas ativas:** em geral, ocorrem no nível operacional e são cometidas por funcionários que estão na “linha de frente”, como: pilotos, motoristas, funcionários de salas de controle e operadores de máquinas. Consequências deste tipo de falha são geralmente imediatas;

- **Falhas latentes:** são comumente cometidas por funcionários, como designers e gerentes, cujas atividades estão, temporalmente ou espacialmente, distantes das atividades na “linha de frente”. Essas falhas permanecem “escondidas” e vão se acumulando ao longo do tempo até que algum evento gatilho as desencadeiem, por isso têm potencial de gerar grandes danos. Falhas latentes são também denominadas de “condições latentes”, pois a denominação de erro, como já mencionado, é feita *a posteriori* e as condições latentes apenas viram “erro” quando são desencadeadas por algum evento, o que pode ou não ocorrer.

Capítulo V - Erros humanos no caso do acidente de Piper Alpha

O acidente de Piper Alpha pode ser associado a diversos erros humanos. Neste capítulo, serão abordadas as principais falhas humanas ocorridas segundo Cullen (1990), buscando-se classificar essas falhas de acordo com as classificações mencionadas no Capítulo IV. Os erros humanos do acidente de Piper estão relacionados, sobretudo:

1. ao sistema de permissão para trabalho;
2. à falta de treinamento para emergências e
3. ao sistema de gestão de segurança da Occidental.

Deve-se ter em mente que vários dos problemas apontados a seguir eram comuns a outras empresas, sobretudo àquelas que operavam em águas britânicas, estando, portanto, sob a legislação britânica para exploração *offshore*.

V.1 – Sistema de permissão para trabalho

Como já mencionado no Capítulo 2, o sistema de permissão para trabalho em Piper Alpha apresentava várias deficiências. O maior problema era que frequentemente as regras previstas no próprio sistema para garantir a segurança de todos não eram seguidas. Sendo assim, contava-se demasiadamente com comunicações informais.

Segundo a classificação de Reason (1990), os erros humanos, neste caso, estão relacionados, sobretudo, a **regras**, mas também ao **grau de conhecimento do operador**, uma vez que havia falta de treinamento formal a respeito do sistema de permissão para trabalho. Vários dos erros aqui relatados eram ações intencionais, consideradas, portanto, como **violações** por Reason (1990).

V.1.1 – Deficiências no próprio sistema de permissão de trabalho da Occidental

Apesar de a maior parte dos erros relacionados ao sistema de permissão para trabalho estarem relacionados ao não cumprimento dos procedimentos escritos, havia falhas importantes no sistema em si da Occidental.

Não havia um sistema de rotulação (fixação de *tags*) para avisar quando uma determinada válvula estivesse fechada e que não deveria ser aberta, como parte do isolamento de algum equipamento em manutenção. Ademais, no caso do isolamento de um equipamento, não havia a prática de bloquear (*lock-off*) uma válvula para impedir que fosse aberta por engano. Além disso, nos casos em que equipamentos eram bloqueados, não havia nada no local para informar um operador quanto ao motivo (CULLEN, 1990).

Outro grande problema ocorria nos casos em que trabalhos em diferentes permissões afetassem um ao outro: no documento escrito, havia um pequeno quadrado que deveria ser marcado caso algum outro equipamento fosse afetado por aquela permissão, contudo não existia, nos documentos escritos, espaço para descrever que equipamento seria aquele ou que outras atividades estavam sendo desenvolvidas e quais suas consequências. Vale salientar que, mesmo o espaço reservado para marcação caso outro equipamento pudesse ser afetado, era pouco usado pela equipe. Assim, nessas situações, confiava-se na memória do líder da equipe da sala de controle naquele turno, que deveria saber quais trabalhos poderiam também afetar outros (CULLEN, 1990).

As permissões para trabalho poderiam estar **ativas** ou **suspensas**. As ativas indicavam que a operação estava ocorrendo; as suspensas indicavam que o trabalho havia sido pausado por algum motivo e que a operação precisaria ser retomada em outro momento (CULLEN, 1990). Segundo o procedimento, as permissões ativas eram preenchidas e separadas de acordo com a localização do equipamento em questão e alocadas na Sala de Controle (as suspensas eram mantidas no Escritório de Segurança). Isso significava que se um trabalho afetasse mais de um equipamento e se esses equipamentos estivessem em níveis ou localidades diferentes da plataforma (como foi o caso da válvula PSV 504 que estava num nível diferente da bomba A), então as permissões para esse trabalho não seriam arquivadas juntas (CULLEN, 1990). Esse procedimento apresentava-se deficiente desde a sua concepção, pois dificultava o acesso à informação, aumentando os riscos na plataforma. Além disso, não havia procedimentos

escritos sobre como atuar nas mudanças de turno, portanto, os operadores não discutiam sobre as permissões de trabalho suspensas ou ativas, o que configurava uma falha de comunicação (CULLEN, 1990). Em Piper Alpha, a recertificação da válvula PSV 504 foi suspensa pois o turno do operador que fazia a recertificação havia terminado. A situação em que se encontrava a válvula, no entanto, não foi adequadamente transmitida aos operadores do turno seguinte, que não sabiam que a PSV 504 havia sido fechada apenas manualmente.

V.1.2 – Desvios dos procedimentos da Occidental

Vários erros e violações eram cometidos rotineiramente em Piper Alpha no que dizia respeito ao sistema de permissão para trabalho. Era muito comum que as permissões não fossem preenchidas adequadamente: com assinaturas erradas; faltando a descrição do trabalho a ser realizado; com testes de gás não feitos corretamente; sem data e hora ou sem detalhamento de maiores precauções a serem tomadas, por exemplo.

Também era comum que a pessoa responsável por um determinado trabalho não levasse a permissão para trabalho para ser assinada por seu superior, apesar disso ser uma norma do procedimento de segurança.

Frequentemente, como já mencionado, não se marcava na documentação se um determinado trabalho pudesse afetar outros. Por vezes, vários trabalhos constavam numa única permissão, o que era proibido. Também era comum que não houvesse uma cópia da permissão no local onde era realizada a atividade, de forma visível para todos, também indo de encontro ao procedimento formal da própria Occidental (CULLEN, 1990).

Também contrariamente ao procedimento correto, era comum que o responsável por determinado trabalho, ao final de seu turno, assinasse todas as cópias das permissões de trabalho e as deixasse na mesa do operador chefe da Sala de Controle. Contudo, segundo as normas, os responsáveis por trabalhos e o operador chefe deveriam se encontrar ao final do turno para repassar as permissões. Isso não ocorria, no entanto, porque os operadores chefe estavam em processo de mudança de turno. Vale observar que, no dia do acidente de Piper Alpha, o responsável pelos trabalhos na PSV 504 não inspecionou o local após a suspensão das tarefas, o que deveria ter sido feito de acordo com os procedimentos da Occidental. Era

obrigação do chefe da Sala de Controle checar os locais de trabalho quando uma permissão para trabalho tivesse sido suspensa ou concluída, porém isso não ocorria sempre e vários documentos eram assinados antes que o local onde as tarefas ocorreram fosse inspecionado (CULLEN, 1990).

Permissões de trabalho **suspensas** eram mantidas no Escritório de Segurança, contrário ao procedimento, que especificava que esses documentos deveriam ser mantidos na Sala de Controle. Dessa forma, um operador do turno da noite, por exemplo, provavelmente não saberia quais permissões para trabalho estariam suspensas nem quais equipamentos estariam isolados para manutenção, a menos que ele próprio estivesse envolvido na suspensão de uma permissão para trabalho. Alguns funcionários checavam as permissões suspensas no Escritório de Segurança, outros não: não havia consistência nessa prática. Vale lembrar que a permissão de trabalho para a recertificação da válvula PSV 504 havia sido suspensa. Contudo, como não havia uma padronização para a checagem de permissões suspensas, a equipe do turno seguinte não ficou ciente da situação da válvula PSV 504, que havia sido fechada apenas manualmente.

Além disso, a correlação entre trabalhos que poderiam afetar um ao outro nas permissões ativas e suspensas era difícil de ser feita, uma vez que as permissões ativas eram organizadas por localidade e as suspensas, de acordo com o trabalho específico a ser feito. Isso tornava difícil para que qualquer funcionário checasse rapidamente quais equipamentos estavam isolados eletricamente para manutenção e quais não estavam (CULLEN, 1990).

V.1.3 – Treinamento no sistema de permissão de trabalho

Havia dois cargos de liderança de grande importância para a operação segura do sistema de permissão de trabalho: o de responsável direto por algum trabalho dentro da plataforma que requeresse uma permissão de trabalho e o de chefe da Sala de Controle, que deveria estar ciente de todas as permissões ativas ou suspensas em seu turno.

Para Cullen (1990), estava claro que a Occidental não fornecia treinamento no sistema de permissão de trabalho para aqueles que atuavam como lideranças na Sala de Controle (fossem eles funcionários próprios ou terceirizados). Quanto aos terceirizados que poderiam

vir a ser responsáveis por uma permissão de trabalho, as investigações revelaram que a Occidental esperava que a empresa contratada fornecesse treinamento no sistema de permissão de trabalho. Cullen (1990) não menciona especificamente se os funcionários da própria Occidental que poderiam vir a ser responsáveis por uma permissão para trabalho recebiam algum treinamento. Contudo, ele conclui suas investigações sobre esse tema dizendo que “o treinamento requerido para assegurar que um eficiente sistema de permissão de trabalho fosse operado, na prática, não foi fornecido”, podendo-se concluir daí que mesmo os funcionários da própria Occidental não recebiam treinamento formal adequado no sistema de permissão de trabalho. Cullen (1990) enfatiza a importância de se aprender na prática, porém, ressalta que essa não poderia ser a única forma de treinamento em relação ao sistema de permissão para trabalho, dada a possibilidade de perpetuação e acumulação de erros.

V.1.4 – Monitoramento da operação do sistema de permissão de trabalho

Segundo Cullen (1990), não havia um procedimento padrão escrito sobre como deveria ser o monitoramento regular feito pela equipe responsável pela operação do sistema de permissão de trabalho. Apesar disso, as autoridades responsáveis pela área de segurança da Occidental consideravam que o sistema de permissão de trabalho de Piper Alpha estava funcionando de acordo com a normalidade.

V.2 – Treinamentos para situações de emergência

A Occidental exigia que os operários que chegassem à Piper Alpha tivessem treinamentos em sobrevivência e combate a incêndios oferecidos por apenas sete centros específicos no Reino Unido. Contudo, segundo Cullen (1990), ocasionalmente, algum operário era admitido na plataforma sem ter realizado os treinamentos supracitados. A Occidental também requeria que os operários refizessem o treinamento três a quatro anos após o curso inicial, no entanto, pelo menos oito dos sobreviventes do acidente não haviam feito o treinamento.

A Occidental também determinava que operários novatos na plataforma deveriam ter uma “introdução de segurança” no momento em que chegassem à Piper Alpha. Os novatos eram aqueles que estavam pela primeira vez em Piper Alpha ou que aparentemente tinham ido à plataforma pela última vez há mais de seis meses. Quanto a este último período, Lorde Cullen concluiu que não havia um período certo estabelecido, pois alguns sobreviventes informaram que não sabiam de quanto tempo se tratava, outros informaram doze meses e outros, seis meses.

Este treinamento (“introdução de segurança”) deveria abordar os seguintes itens:

1. procedimentos de segurança em relação a helicópteros;
2. áreas proibidas;
3. exigências de vestimenta e higiene;
4. áreas permitidas e proibidas para fumo;
5. procedimentos de emergência e ações requeridas dos funcionários durante situações de emergência (incluindo sistemas de alarmes, localização de botes salva-vidas, evacuação por helicóptero e telefones de emergência);
6. explicações sobre o sistema de permissão para trabalho;
7. relato de acidentes, incidentes, potenciais riscos e “quase acidentes”;
8. equipamentos de combate a incêndio;
9. uso de guindaste;
10. uso de materiais radioativos e
11. uso de andaimes.

Segundo as investigações, no entanto, as introduções de segurança eram adaptadas ao público. Então, por exemplo, um mergulhador receberia mais informações sobre a sua área específica.

Não havia orientação para situações em que o resgate por helicóptero fosse impossível, como o foi no dia do acidente de Piper Alpha, em que a fumaça preta impediu que helicópteros se aproximassem. Além disso, os operários eram desencorajados a pular no mar,

no entanto, no dia do desastre, muitos sobreviventes apenas escaparam das chamas porque pularam da plataforma e foram resgatados pela embarcação Sandhaven.

Em relação a equipamentos de combate a incêndio, a introdução de segurança limitava-se a abordar equipamentos para extinguir o fogo, mas não abordava os procedimentos para tal. Ao final da introdução de segurança, os novatos eram levados até os botes salva-vidas para aprenderem onde se localizavam e como se prenderem adequadamente ao bote (CULLEN, 1990).

Aqueles que passavam pelas introduções de segurança também recebiam uma pequena brochura com informações gerais sobre procedimentos de segurança dentro da plataforma. Contudo, segundo Cullen (1990), várias informações contidas no folheto estavam incorretas ou desatualizadas (algumas não valiam mais para Piper Alpha desde o início dos anos 80).

Os erros humanos associados ao mau treinamento na área de segurança para situações de emergência, segundo a classificação de Reason (1990) estão relacionados a **regras**, pois havia procedimentos padrão que não eram seguidos (operários embarcavam sem ter feito os treinamentos supostamente exigidos, por exemplo), podendo ser considerados como **violações**. Além disso, no momento do acidente, por exemplo, vários funcionários foram para a acomodação (local para onde foram instruídos a ir em caso de resgate de helicóptero), contudo muitos morreram devido à inalação de fumaça, podendo-se considerar este um erro relacionado a **regras** (regras ruins aplicadas numa determinada situação). Segundo a classificação de Miller e Swain (1987), os erros humanos neste caso seriam das categorias “**omissão**” (pois, por vezes, o treinamento adequado simplesmente não era feito, mas os funcionários eram admitidos na plataforma) e “**qualidade**” (pois, as introduções de segurança não eram feitas tão adequadamente, além de repassarem informações erradas ou desatualizadas).

V.3 – Sistema de gestão de segurança da Occidental, em Piper Alpha

Para Cullen (1990), de forma geral, o sistema de gestão de segurança da Occidental era adequado em teoria. Na prática, contudo, apresentava falhas substanciais, que contribuíram para a ocorrência do desastre de Piper Alpha e para sua magnitude. De forma

geral, gestores de níveis hierárquicos mais elevados (tanto os que trabalhavam rotineiramente em Piper quanto os que faziam visitas esporádicas) pareciam satisfeitos com o que lhes era passado e comumente não inspecionavam pessoalmente certas atividades ou o faziam de forma superficial. Havia, segundo Cullen (1990), uma sensação geral de que tudo estava funcionando de forma adequada, o que não era sempre o caso.

V3.1 – Como funcionava teoricamente o sistema de gestão de segurança

O responsável maior pela segurança em Piper era o *Offshore Installation Manager* (Gerente de Instalação *Offshore*, em tradução livre), que era também a autoridade máxima na plataforma. Ele reportava o que considerasse necessário aos seus superiores *onshore* (que recebiam informações diárias sobre Piper) e fazia reuniões regulares com os vários departamentos existentes em Piper para ficar a par de acidentes ocorridos ou de situações de “quase acidente” (circunstâncias em que um acidente, de fato, não ocorreu, mas que poderia, por pouco, ter acontecido). Desde 1987, também vigorava um sistema em que a força de trabalho poderia relatar problemas de segurança diretamente para os gestores.

Os operadores da área de segurança ficavam responsáveis por realizar as seguintes atividades rotineiramente:

1. Testes para checar vazamento de gás;
2. monitoramento diário do sistema de permissão de trabalho, incluindo checagens dos locais onde os serviços haviam sido feitos;
3. testes regulares dos equipamentos de segurança e de emergência;
4. organização dos treinamentos de emergência e
5. fornecimento de orientações à força de trabalho em relação às áreas de saúde e segurança na plataforma.

O supervisor da equipe de segurança reportava-se diretamente ao Gerente de Instalação *Offshore* e também ao Superintendente de Segurança *Onshore* para assegurar maior independência e disseminação de informação. Além disso, supervisores de várias áreas em

Piper Alpha recebiam treinamentos de segurança *onshore* ministrados por empresas externas (não pela Occidental).

Segundo a Occidental, a segurança na plataforma era monitorada por meio de reuniões com supervisores; reuniões gerais sobre segurança; revisão de relatórios de incidentes (segundo a HSE, “incidentes” são “situações de quase acidente” ou “circunstâncias indesejadas”, estas significam um conjunto de condições que têm o potencial de causar dano a alguém ou a alguma estrutura física (HSE, *Accidents and Investigations*)) e inspeções de segurança diárias. A Occidental enfatizava que encorajava funcionários a reportarem incidentes ou quaisquer outros assuntos referentes a segurança (CULLEN, 1990).

A empresa também realizava auditorias na área de segurança, em Piper Alpha. Eram ao todo quatro tipos de auditorias:

1. Auditorias técnicas regulares: em equipamentos, sistemas e procedimentos, realizadas por operadores da própria Occidental e por especialistas trazidos de fora da empresa, coordenados por um engenheiro sênior da Occidental;
2. auditorias corporativas: realizadas por uma equipe americana da empresa (visto que a Occidental era uma empresa americana), levava de dois a três dias;
3. auditorias de fogo e gás: realizadas anualmente por consultores externos (requerimento da empresa seguradora da plataforma) e
4. auditorias feitas por empresas parceiras a cada três anos, com duração de três dias.

Após cada auditoria, havia a emissão de um relatório e, segundo a Occidental, fazia-se uma checagem posterior da plataforma para averiguar se as recomendações das auditorias tinham sido atendidas (CULLEN, 1990).

V.3.2 – Problemas no sistema de gestão de segurança

O sistema de gestão de segurança da Occidental parecia adequado para os propósitos aos quais se dispunha, contudo, como já mencionado, várias falhas foram encontradas

durantes as investigações do acidente de Piper. A seguir, serão abordadas situações em que houve falha em nível gerencial na área da segurança.

V.3.2.1 – Evacuação em caso de emergência

Evacuações em situações emergenciais mostram-se um problema extremamente complexo, a depender: da situação de gravidade dentro da plataforma, das condições ambientais e dos meios de que se dispõe para fazer a evacuação. Em Piper Alpha, muito se discutiu sobre formas de evacuação numa situação de emergência. Contudo, não se chegou a alternativas ao resgate por helicóptero ou ao uso de barcos e botes salva-vidas numa situação em que o resgate por helicóptero não fosse possível ou em casos em que os ventos fossem tão fortes tornando quase impossível o uso de botes ou de barcos salva-vidas. Vale salientar que esse era um problema enfrentado não apenas por Piper, mas por todas as empresas de exploração *offshore* à época.

A gerência de Piper Alpha dava grande preferência ao método de evacuação por helicóptero no caso de uma emergência que necessitasse de evacuação. Piper possuía um escritório de logística e informações de voo, o que a colocava numa melhor posição que outras operadoras para conseguir comunicação com helicópteros e obter ajudar. Tendo isso em vista, o resgate por helicóptero poderia demorar até 2 horas e meia (até que a primeira pessoa deixasse a plataforma), o que, segundo Cullen (1990), era um tempo possivelmente longo demais. Nessa conjuntura, ou a emergência já teria sido controlada ou teria atingido proporções muito maiores. Além disso, a evacuação por helicóptero poderia não ser possível caso o heliponto estivesse impossibilitado de ser usado, no caso de explosão, fogo ou fumaça ou caso não houvesse helicópteros suficientes para resgatar todos da plataforma a tempo. Vale observar que, no acidente de Piper Alpha, uma densa fumaça preta cobriu a plataforma, impossibilitando qualquer resgate por helicóptero.

Para Cullen (1990), a situação acima demonstrada revela como uma situação de escape numa emergência como a que ocorreu em Piper Alpha seria difícil. Esses fatores mostram os grandes riscos aos quais uma plataforma estaria exposta em casos de graves acidentes como o que ocorreu em Piper. Assim, Cullen (1990) reitera que a administração da Occidental,

estando a par das possíveis dificuldades de uma evacuação da plataforma, deveria ter maior preocupação com outras áreas, como: em prevenção de acidentes (como no caso do sistema de permissão de trabalho que se mostrava deficiente) e no sistema de combate a incêndio (que apresentava vários problemas).

Segundo a classificação de Miller e Swain (1987), a falha da gerência em reforçar a prevenção à acidentes e o sistema de combate a incêndio sabendo da possível dificuldade de se efetuar a evacuação da plataforma pode ser classificada como um erro na categoria de “**qualidade**”, que indica que uma ação não foi desempenhada corretamente. Nesse caso, a gerência deveria ter investido em outros aspectos da segurança na plataforma, mas não o fez por não achar necessário ou por considerar que o máximo em relação a esse quesito já havia sido feito. Em relação à classificação de Reason (1990), este é um erro referente a **grau de conhecimento**, pois os gestores consideravam que já tinham feito o máximo que poderiam e não esperavam que uma situação em que o resgate por helicópteros ou a evacuação por botes salva-vidas fosse impossível. Esta falha também é do tipo **latente**, pois foi um erro “escondido”, que apenas se apresentou no transcorrer do acidente, além de ter ocorrido num nível gerencial, longe da linha de operação.

V.3.2.2 – O risco de um incêndio prolongado

Em 1987, um relatório da própria Occidental mostrava que, no caso de ruptura de um *riser* ou de alguma outra tubulação ligada a Piper, o processo de despressurização demoraria horas e não haveria nada que se pudesse fazer para conter o fluxo de hidrocarbonetos (CULLEN, 1990).

A gerência da Occidental sabia também que a estrutura física da plataforma de Piper Alpha não tinha condições de suportar um incêndio prolongado causado por vazamento de gás de uma tubulação pressurizada. Segundo um memorando datado de março de 1988, feito por um funcionário da própria Occidental, tal incêndio poderia, em 10 ou 15 minutos, abalar a estrutura da *offshore*, pois a tubulação de gás demoraria horas para despressurizar, fazendo com que fosse praticamente impossível conter o incêndio e os sistemas de proteção não conseguiriam eficientemente conter o incêndio por tanto tempo (CULLEN, 1990).

Os gestores de Piper consideraram, no entanto, que a probabilidade da ocorrência de tal evento era muito pequena. Sendo assim, o sistema de combate a incêndio de Piper não estava preparado para um acidente como o ocorrido no dia 6 de julho de 1988, que tinha precisamente as características mencionadas acima (CULLEN, 1990).

A falha dos gestores em considerar como uma real possibilidade um acidente das proporções do ocorrido em Piper e em preparar a estrutura física da plataforma para tal podem ser considerados como um erro na categoria de “**qualidade**”, segundo a classificação de Miller e Swain (1987). Pois, apesar das informações que receberam não atuaram de forma corretiva, que seria o esperado. Em relação à classificação de Reason (1990), o erro é relativo a **grau de conhecimento**, pois os gestores, com base na experiência e conhecimento que tinham do setor, não esperavam que uma situação como a de Piper pudesse ocorrer e consideravam que as medidas já em vigor eram suficientes. Além disso, pode-se classificar este erro como do tipo “**latente**”, uma vez que seus efeitos apenas transpareceram quando do momento do acidente e ocorreu no nível gerencial.

V.3.2.3 – Prevenção de incidentes

Cullen (1990) também avaliou o sistema de gestão de segurança de Piper em relação à prevenção a acidentes, abordando o sistema de permissão de trabalho e a forma como a gerência de Piper lidou com uma fatalidade ocorrida em 1987.

As investigações do acidente mostraram que a falha em relação ao sistema de permissão de trabalho no dia do desastre não foi um fato isolado e que o sistema era rotineiramente operado de forma insegura. Dessa forma, conclui-se que o sistema de permissão de trabalho não estava sendo monitorado nem auditado adequadamente, o que era responsabilidade dos gestores da plataforma. Esta falha pode entrar na categoria “**qualidade**”, segundo a classificação de Miller e Swain (1987), pois as ações que a gerência deveria executar (monitorar e auditar o sistema de permissão de trabalho) não estavam sendo executadas corretamente. Em relação à classificação de Reason (1990), esse erro pode ser considerado como **relacionado a regras** (no caso, a não aplicação de boas regras, que seriam monitorar e auditar adequadamente o sistema de PT). Essa falha também podem ser

considerada como **latente**, uma vez que ocorria no nível gerencial, foi se acumulando no sistema e transpareceu apenas no momento do acidente.

Como já mencionado no item II.4.4, no caso do acidente de 1987, a administração de Piper falhou em não disseminar os resultados das investigações feitas e ao desencorajar a discussão sobre o assunto, sobretudo dada a relevância das causas do acidente, que envolviam o sistema de permissão de trabalho e falhas nas mudanças de turno. Segundo a classificação de Miller e Swain (1987), Essa falha pode entrar na categoria de “**qualidade**”, pois a administração da Occidental deveria ter propagado os resultados das investigações e tomado ações corretivas, o que não ocorreu. Em relação à classificação de Reason (1990), esse erro pode ser considerado como **relacionado a regras** (no caso, a não aplicação de boas regras, que seriam, como já mencionado, disseminar a informação e aplicar medidas corretivas). Além disso, a falha pode ser considerada como **latente**, uma vez que ocorreu no nível gerencial, foi se acumulando no sistema e transpareceu apenas no momento do acidente.

Capítulo VI - Conclusão

Por meio do presente trabalho foi possível analisar as causas gerais do acidente de Piper Alpha e como a investigação deste evento pode contribuir para elevar o nível de segurança das operações *offshore*. As causas se relacionavam com: sistema de permissão de trabalho; sistema de combate a incêndio; treinamento inadequado para emergências e com o sistema de gestão de segurança da Occidental em relação a Piper.

Dentre as causas, aquelas que mais fortemente estavam associadas a falhas humanas e que muito contribuíram para o acidente eram as ligadas: ao sistema de permissão para trabalho; ao treinamento inadequado para situações de emergência e ao sistema de gestão de segurança da plataforma.

Dadas as proporções do acidente de Piper Alpha, o governo britânico, as empresas que operavam em águas britânicas e a sociedade de forma geral, foram obrigadas a dar maior atenção para a área de segurança em instalações *offshore*. Das investigações do acidente, surgiram 106 recomendações direcionadas, sobretudo, ao governo britânico e às empresas operadoras. A principal medida foi a implementação do “plano de segurança”, que continha uma descrição detalhada dos perigos dentro da plataforma e das medidas tomadas pela empresa operadora para garantir a segurança, além de possuir outros requisitos.

Vale salientar que o acidente de Piper Alpha não foi o único a influenciar o setor no sentido de melhorar os procedimentos de segurança na indústria de petróleo *offshore* mundial, mas certamente, dada a magnitude do acidente, teve enorme impacto no setor, vide que mudanças na exploração de petróleo na Europa, também influenciam mudanças em empresas de exploração *offshore* em todo o mundo.

Da análise do caso, vê-se a importância de se investir no setor de segurança e como negligenciar essa área pode causar enormes prejuízos financeiros e grande número de fatalidades. Ao mesmo tempo, observa-se que o número de acidentes e de fatalidades no setor diminuiu consideravelmente desde o acidente de Piper Alpha, o que leva a crer que o setor de exploração *offshore* aprendeu com os acontecimentos do passado.

Referências

ARABIAN OIL AND GAS. Fire in the Night. 2008. Disponível em: <<http://www.arabianoilandgas.com/article-4815-fire-in-the-night/>>. Acesso em 28 de agosto de 2016.

ARCHER. Piper Alpha (A Moment for Safety). Disponível em: <<http://www.iadc.org/wp-content/uploads/2014/03/HS14-S-Rae.pdf>>. Acesso em: 8 de dezembro de 2016.

AUSTRÁLIA. Civil Aviation Safety Authority. **SMS for Aviation – A Practical Guide: Human Factors**, 2012. Disponível em: <<https://www.knvvl.nl/download/getFile/2337>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

BAMBERG, J. *British Petroleum and Global Oil 1950-1975: The Challenge of Nationalism*. 1 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 639 p.

BANKES, N.; TREVISANUT, S. *Energy from the Sea: An International Law Perspective on Ocean Energy*. Brill Nijhoff, 2015. 188 p.

BBC SCOTLAND. **Piper Alpha: Fire in the Night**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=_PcDNRSsM24>. Acesso em 21 de agosto de 2016.

BOOTH, M.; BUTLER, J. D. A new approach to permit to work systems offshore. **Safety Science**, v. 15, n. 4-6, p. 309-326, nov. 1992.

CASTRO, F. **Brasil propõe uma “Venezuela” a mais de área marítima**. *Estado de São Paulo*, São Paulo, 19 jan. 2015. Disponível em: <<http://politica.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-propoe-uma-venezuela-a-mais-de-area-maritima-imp-,1621717>>. Acesso em 3 de janeiro de 2017.

COLLAZO, G. M. **Error Humano: C4c06** – Modelo de determinación de Raíz Causa. 2008. 115 p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=j88DRCPfgpC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

CONEJO, G. **Diferença entre Risco e Perigo.** Disponível em: <<http://www.prevencaonline.net/2010/11/diferenca-entre-risco-e-perigo.html>>. Acesso em 27 de julho de 2016.

CONTINENTAL SHELF ACT 1964. Disponível em: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/1964/29>. Acesso em 16 de junho de 2016.

COOPER, M. D. Towards a model of safety culture. *Safety Science*, v. 36, p. 111-136, 2000.

COSTA, D. O.; LOPEZ, J. C. **Tecnologia dos Métodos de Controle de Poço e Blowout.** 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia do Petróleo, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001565.pdf>>. Acesso em: 14 de novembro de 2017.

CULLEN, W. D. *The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster*, Her Majesty's Stationery Office, Londres, 1990.

DAILY RECORD. Pat Rafferty: North Sea oil cuts could lead to another Piper Alpha. Disponível em: <http://www.dailyrecord.co.uk/news/scottish-news/pat-rafferty-north-sea-oil-5084751>. Acesso em 31 de agosto de 2016.

EMBREY, D. Understanding Human Behaviour and Error. Disponível em: <http://www.humanreliability.com/articles/Understanding%20Human%20Behaviour%20and%20Error.pdf>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

GLENDON, A. I.; CLARCK, S. G.; MCKENNA, E. F. *Human Safety and Risk Management.* 2ª ed. Flórida: CRC Press, 2006, 500 p.

GOOGLE MAPS. Disponível em:
<https://www.google.com/maps/place/58%C2%B028'00.0%22N+0%C2%B015'00.0%22E/@58.5061428,3.7405685,5z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d58.466667!4d0.25?hl=pt-BR>.
Acesso em 27 de agosto de 2016.

GOULART, C. Resolving the Safety Culture/Safety Climate Debate. Disponível em:
<https://ohsonline.com/blogs/the-ohs-wire/2013/11/resolving-the-safety-culturesafety-climate-debate.aspx>. Acesso em 25 de julho de 2016.

GOV.UK. Health and Safety Executive. Disponível em:
<https://www.gov.uk/government/organisations/health-and-safety-executive>. Acesso em 27 de julho de 2016.

GULDENMUND, F. W. “The nature of safety culture: a review of theory and research”,
Safety Science, v. 34, p. 215-257. 2000.

HANSEN, F. D. **Human Error: A Concept Analysis**. *Journal of Air Transportation*. v. 11, n. 3, p. 61-77. 2006.

HENDERSHOT, D. Process Safety: Remembering Piper Alpha. *Journal of Chemical Health and Safety*, p. 58-59, mai/jun de 2013.

HIGHFIELD, R. Blast blamed on compression chamber leak. 8 jul. 1988. Disponível em:
http://www.rogerhighfield.com/media/piper_alpha.pdf. Acesso em 4 de novembro de 2016.

HISTORY CHANNEL. Piper Alpha Disaster. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=pHriwdaEbms>. Acesso em 20 de agosto de 2016.

HSE - Health and Safety Executive. **Accidents and Investigations**. Disponível em:
<http://www.hse.gov.uk/toolbox/managing/accidents.htm>. Acesso em 15 de novembro de 2017.

HSE - Health and Safety Executive. **Successful health and safety management**. 2008. Disponível em: www.sh168.org.tw/getRef.ashx?id=176. Acesso em 27 de julho de 2016.

IAPG – Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. 2º Congreso de Seguridad y Salud Ocupacional em la Industria del Petróleo y del Gas. 2007. Disponível em: http://www.iapg.org.ar/web_iapg/. Acesso em 27 de agosto de 2016.

JUNIOR, C. A. V. Aula – Análise de Risco. Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/docentes/cavazjunior>. Acesso em: 27 de julho de 2016.

KLETZ, T. *Learning From Accidents*, Gulf Professional Publishing, 3rd Edition, 2001.

KNIEF, R. A.; BRIANT, V. B.; LEE, R. B.; LONG, R. L.; MAHN, J. A. *Risk Management: Expanding Horizons in Nuclear Power and other Industries*. Hemisphere Publishing Corporation, 1991.

LEES, F. P.; MANNAN, S. *Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control*. 3ª ed. EUA: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. vol. 1.

LUCENA, A. B.; PRESTA, C. F. M.; ALVES, E. C.; OLIVEIRA, E. B. S.; OLIVEIRA, S. V. Risers: Estrutura, funcionamento e lançamento. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAejF0AC/risers>. Acesso em 28 de agosto de 2016.

MACALISTER, T. Piper Alpha disaster: how 167 oil rig workers died. Disponível em: <https://www.theguardian.com/business/2013/jul/04/piper-alpha-disaster-167-oil-rig>. Acesso em 24 de Outubro de 2016.

MAHER, C. E. *Piper Oil Field*, in *Giant Oil and Gas Fields of the Decade:1968-1978*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1980.

MARTINS, E. D. Lições Aprendidas em Acidentes Passados: Estudo de Caso da Plataforma Piper Alpha. Projeto Final de Curso, Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

MCGINTY, S. *Fire In The Night: The Piper Alpha Disaster*. Pan Macmillan, 2008.

MORAIS, J. M. de. *Petrobras: uma história das explorações de petróleo em águas profundas e no pré-sal*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

MATSEN, B. *Death and Oil: The True Story of the Piper Alpha Disaster on the North Sea*. Pantheon Books, 2011.

NASA SAFETY CENTER. The Case for Safety: The North Sea Piper Alpha Disaster. *System Failure Case Study*, v. 7, n. 4, mai. 2013. Disponível em: <https://nsc.nasa.gov/SFCS/SystemFailureCaseStudyFile/Download/331>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

NATIONAL GEOGRAPHIC. Seconds from Disaster: Explosion in the North Sea. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HCKvRrIsZ08>. Acesso em: 21 de agosto de 2016.

NOSACQ-50 - *Safety Climate Questionnaire*. Disponível em: <http://www.arbejdsmiljoforskning.dk/en/publikationer/spoergeskemaer/nosacq-50>. Acesso em: 25 de julho de 2016.

OFFSHORE ENERGY TODAY. Disponível em: <http://www.offshoreenergytoday.com/wood-group-to-maintain-gas-turbines-at-talisman-sinopec-north-sea-platforms/>. Acesso em 14 de maio de 2016.

OIL & GAS UK. Economic Report 2013. Disponível em: <https://fortunedotcom.files.wordpress.com/2014/09/ec038.pdf>. Acesso em 3 de janeiro de 2017.

OIL & GAS UK. Piper Alpha: Lessons Learnt, 2008. Disponível em: <https://oilandgasuk.co.uk/wp-content/uploads/2015/05/HS048.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2017.

PATÉ-CORNELL, M. E. Learning from the Piper Alpha Accident: A Postmortem Analysis of Technical and Organizational Factors. *Risk Analysis*, v. 13, n. 2, p. 215-232, 1993.

PITTA, T. *Catastrophe: A Guide to World's Worst Industrial Disasters*. Alpha Editions, 2015. 330 p.

ROSENTHAL, U.; BOIN, R. A.; COMFORT, L. K. *Managing Crises: Threats, Dilemmas, Opportunities*. Charles C. Tomas Publisher, LTD, 2001.

RUPPENTHAL, J. E. Gerenciamento de Riscos. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2013. 120p. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/sexta_etapa/gerenciamento_riscos.pdf Acesso em 13 de agosto de 2016.

SAURIN, T. A.; GRANDO, M. L.; COSTELLA, M. F. **Método para classificação de tipos de erros humanos**: estudo de caso em acidentes em canteiros de obras. *Produção*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 259-269. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000007>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

SCHMITT, H. R. H. The Chanter Field, Block 15/17, UK North Sea. *The Geological Society of London*, 1991.

SCOTT, W. Piper Alpha Oil Rig Disaster. Disponível em: <http://www.brighthubengineering.com/marine-history/116049-piper-alpha-oil-rig-disaster/#>. Acesso em 27 de agosto de 2016.

SCOTTISH COURTS. Appendix to the Opinions of the Judges in Reclaiming Motions in the Causes Caledonia North Sea Limited. Disponível em:

www.scotcourts.gov.uk/opinions/appendix%20to%20piper%20alpha.doc. Acesso em 2 de janeiro de 2017.

SGS DO BRASIL. Certificação de Válvulas Industriais. Disponível em: <http://www.sgsgroup.com.br/pt-BR/Oil-Gas/Asset-Integrity-Management-Services/Industrial-Valve-Certification.aspx>. Acesso em 27 de agosto de 2016.

SHALLCROSS, D. C. *Using concept maps to assess learning of safety case studies – The Piper Alpha disaster*. *Education for Chemical Engineers* 8, e1–e11. 2013.

TURNER, J. Sea change: offshore safety and the legacy of Piper Alpha. Disponível em: <http://www.offshore-technology.com/features/feature-piper-alpha-disaster-anniversary-offshore-safety/>. Acesso em 13 de novembro de 2017.

VIEIRA, V. A.; TIBOLA, F. Pesquisa qualitativa em marketing e suas variações: trilhas para pesquisas futuras. *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v. 9, n. 2, abr./jun. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em 26 de julho de 2016.

UK ESSAYS. The Evolution Of Safety Culture Management Essay. Disponível em: <http://www.uniassignment.com/essay-samples/management/the-evolution-of-safety-culture-management-essay.php>. Acesso em 24 de julho de 2016.

WARING, A. E.; GLENDON, A. I. *Managing Risk*. Thomson, Padstow, 1998.

WILKIE, S. Farewell to Piper Alpha rescue vessel. Disponível em: <http://www.express.co.uk/news/uk/602350/Piper-Alpha-rescue-farewell>. Acesso em 20 de dezembro de 2016.

WILLIAMS, J. People Based Patient Safety. Disponível em: https://www.scha.org/files/josh_williams_keynote.pdf. Acesso em 22 de julho de 2016.

WONG, W. *The risk management of safety and dependability: A guide for directors, managers and engineers*. 1ª ed. EUA: CRC, 2010.

