

PREVENÇÃO DE ACIDENTES DO TRABALHO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO OFFSHORE: analisando a cultura organizacional e os fatores humanos

Josué Eduardo Maia França
Assed Naked Haddad
Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

RESUMO

No atual cenário geopolítico mundial, onde as mais diversas atividades econômicas e sociais influenciam na política dos países, as atividades de exploração e produção de petróleo *offshore* apresentam importância estratégica no desenvolvimento desses países e nas regiões de sua influência geopolítica. Nesse cenário, desenvolver e produzir um poço de petróleo submarino e elevar o petróleo até uma plataforma, por si só, já apresenta uma série de riscos. Evitar uma perda de contenção nesse cenário crítico é fundamental, pois, além da perda de produção, poderão acontecer acidentes graves, resultando em lesões aos trabalhadores, agressões ao meio ambiente e instabilidade geopolítica. Acidentes como o da plataforma *Piper Alpha*, no Mar do Norte em 1998, da P-36 na Bacia de Campos em 2001, e o da *Deepwater Horizon*, no Campo de Macondo, no Golfo do México em 2010 mostram que as consequências de um evento dessa monta são trágicas e, a despeito de toda a evolução tecnológica do controle de processos, os acidentes continuam acontecendo. Diante desses acidentes, cada vez mais fica pertinente a análise sistêmica de todos os elementos que contribuíram para o evento indesejável, sendo necessário, portanto, analisar não somente as máquinas, equipamentos e processos, mas também a cultura organizacional e fatores humanos. Somente através de uma análise de acidentes que englobe todos os elementos da cadeia acidental é que será possível identificar as causas que mais contribuíram para um acidente, possibilitando o desenvolvimento de salvaguardas e correções adequadas a cada acidente específico.

Palavras-chaves: Gerenciamento de Riscos. Fatores Humanos. Plataforma de Petróleo *Offshore*. Segurança do Trabalho.

1 INTRODUÇÃO

Com a adoção de novas tecnologias para a exploração e produção de petróleo em alto mar, as atuais plataformas de petróleo assumem uma configuração de processos e equipamentos em que o controle e a automação ficam cada vez mais complexos, com

variáveis de processo, tais como temperatura e pressão, cada vez mais críticas. Além disso, a prospecção de petróleo está cada vez mais longe da costa e com profundidades de perfuração cada vez maiores, aumentando sobremaneira os riscos.

Nesse contexto, entender a dinâmica de interação entre os trabalhadores e os sistemas complexos de controle das plataformas de petróleo é fundamental para garantir a segurança de todos a bordo, bem como evitar danos ao meio ambiente. E ainda, em um cenário geopolítico mundial em que a energia é estratégica para o desenvolvimento e a sustentabilidade de uma nação, evitar uma grande perda no segmento industrial energético é crucial, denotando ainda mais a importância da compreensão dos fatores humanos na análise de acidentes em plataformas de petróleo *offshore*.

Com base nessas informações, este artigo apresenta uma pesquisa descritiva, cujo procedimento técnico inclui pesquisa bibliográfica, análise de relatórios de acidentes da área *offshore* e o estudo de caso dos fatores humanos mais relevantes que contribuíram para os acidentes das plataformas *Deepwater Horizon*, em 2010, e FPSO Cidade de São Mateus, em 2015. Esta é uma pesquisa qualitativa, que busca evidenciar a importância dos fatores humanos e da cultura organizacional na análise e investigação de acidentes, construindo um arcabouço teórico e prático que pode ser utilizado na prevenção de acidentes do trabalho na indústria de petróleo *offshore*.

2 FATORES HUMANOS

Entende-se que fatores humanos é o estudo da interação entre homem e máquina, compreendido pela interação entre fatores organizacionais, de grupo e individuais. Nesse contexto, fatores organizacionais dizem respeito às políticas de segurança da empresa; fatores de grupo dizem respeito à cultura de segurança do ambiente de trabalho e, por fim, fatores individuais dizem respeito à percepção de risco inerente de cada indivíduo (SANTOS et al., 2013). Mais resumidamente, Delmotte (2003) define que fatores humanos são todos os elementos de um sistema, que interagem entre si ou

com outros elementos distintos, e que possuem direta relação com aspectos relativos ao ser humano.

2.1 A EVOLUÇÃO DOS FATORES HUMANOS

O termo fatores humanos foi, durante muito tempo, um sinônimo de ergonomia, o que é compreensível, pois ambas as disciplinas envolvem assuntos multidisciplinares, tais como engenharia, psicologia, administração, medicina, entre outros, e também buscam compreender a interação do ser humano com os elementos tecnológicos dos seus ambientes de trabalho e vivência. No entanto, apesar dessa semelhança e de historicamente a ergonomia anteceder aos fatores humanos, o desenvolvimento dessas disciplinas seguiram linhas diferentes.

Os fatores humanos buscam compreender a interação (como um todo) do ser humano com os processos e as tecnologias dos sistemas (sobretudo os sistemas complexos), enquanto a ergonomia busca uma abordagem mais compartimentalizada, adotando três conceitos distintos de ergonomia: física (ou antropométrica), cognitiva e organizacional. Complementando essa abordagem, há também a ergonomia de concepção, que consiste na aplicação de todos os conceitos de ergonomia na etapa de projeto de um sistema ou instalação.

Em uma abordagem mais atual, sob a ótica do gerenciamento de riscos de sistemas complexos *offshore*, Ponte Júnior (2014) define fatores humanos como um tema multidisciplinar que contempla vários ramos do conhecimento científico e tecnológico, tais como engenharia, psicologia, biomecânica, antropometria, física, comunicação, sociologia, além de estar intimamente relacionado com a cultura de segurança de uma organização.

Analisando essa definição, percebe-se que muitos assuntos que outrora eram domínio exclusivo da ergonomia, hoje são estudados integradamente entre fatores humanos e ergonomia, buscando uma sinergia das contribuições dessas disciplinas na busca de um entendimento mais completo e coerente da interação do homem com os modernos sistemas sociotécnicos complexos.

Segundo Carvalho e Vidal (2008), sistemas sociotécnicos complexos são aqueles em que as atividades de trabalho não ocorrem isoladas, ou seja, os trabalhadores interagem entre si e com a tecnologia dos processos e equipamentos, em um ambiente de trabalho permeado pelas regras e cultura da

organização. Ou seja, de forma geral, pode-se afirmar que tanto a ergonomia quanto os fatores humanos buscam entender as questões cognitivas, organizacionais e psicofisiológicas que afetam o desempenho do ser humano quando este interage com sistemas, processos e artefatos tecnológicos.

2.2 OS FATORES HUMANOS NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO OFFSHORE

De acordo com as estatísticas apresentadas por Kariuki e Lowe (2006), mais de 80% dos acidentes que ocorrem em indústrias químicas e petroquímicas possuem a falha humana como um dos fatores causadores desse evento indesejável. Para corroborar essa afirmação, analisam grandes acidentes que estão dentro dessas estatísticas, como, por exemplo, o da plataforma *Piper Alpha*, no Mar do Norte, em 1988. Esse acidente causou a fatalidade de 167 trabalhadores e a perda total dessa unidade *offshore*. Esse desastre é um exemplo importante de como fatores humanos e organizacionais podem causar acidentes de dimensões catastróficas.

Após esse acidente, o Governo Britânico instaurou uma comissão de investigação, sob a liderança de Lord Cullen, membro do Parlamento Britânico. Como resultado das conclusões desde o inquérito, em 1990, foi elaborado o documento *The Public Inquiry into the Piper Alpha Disaster* (CULLEN, 1990), também conhecido como Relatório Cullen (Matsen, 2011). Esse relatório trouxe consigo diversas contribuições para a gestão de riscos *offshore*, inclusive identificando falhas relativas aos fatores humanos.

Conforme apresentado por Kariuki (2007), os fatores humanos e organizacionais que exercem influência no desempenho dos trabalhadores podem ser classificados de diversas formas. No entanto, é um desafio chegar a um consenso quanto a uma classificação mais abrangente desses fatores, pois há um grande espectro de elementos influenciadores e tem sido abordado de diferentes maneiras por diferentes autores.

O Quadro1 apresenta os fatores humanos mais relevantes identificados por Kariuki e Löwe (2006), e que serão utilizados como referência para a análise desses fatores na investigação de acidentes, sobretudo no que diz respeito ao levantamento dos elementos relevantes para a cadeia de acontecimentos que geram acidentes.

Quadro 1 - Fatores humanos e organizacionais em uma planta industrial de processo.

FATORES	ATRIBUTOS
Organização (ORG)	A1 Fatores humanos e política de segurança
	A2 Cultura organizacional
	A3 Gerenciamento de mudanças
	A4 Desenvolvimento organizacional (auditorias e revisões)
	A5 Gerência & supervisão
Informação (INF)	B1 Treinamento
	B2 Procedimentos & desenvolvimento de procedimentos
	B3 Comunicação
	B4 Etiquetas & placas de sinalização
	B5 Documentação
Design do trabalho (JD)	C1 Força de trabalho, horário de trabalho
	C2 Trabalhos em turno & hora-extra
	C3 Trabalhos manuais
Interface Homem-Máquina (HSI)	D1 Design dos controles
	D2 Telas e displays
	D3 Painéis de controle na área industrial
	D4 Ferramentas manuais
	D5 Equipamentos & válvulas
Ambiente da tarefa (TE)	E1 Iluminação
	E2 Temperatura
	E3 Ruído
	E4 Vibração
	E5 Insalubridade
Lay-out do trabalho (WD)	F1 Lay-out do ambiente de trabalho
	F2 Configuração das estações de trabalho
	F3 Sala de controle
	F4 Acessibilidade
Características do operador (OP)	G1 Atenção / motivação
	G2 Adequação para a tarefa
	G3 Conhecimentos e habilidades

Fonte: KARIUKI; LÖWE, 2006, traduzido pelos autores.

3 ANÁLISE DE ACIDENTES INDUSTRIAIS

Historicamente, a investigação e análise de acidentes industriais se desenvolveram a partir da necessidade de se buscar o entendimento do evento acidental, identificando causas, consequências e, em grande parte dos casos, os culpados. De acordo com Heinrich (1950), o elemento que mais contribuía para os acidentes nas indústrias de produção e de processo era o chamado “fator humano”; ou seja, a falha de ser humano, o erro do trabalhador seria o maior causador de acidentes de uma planta industrial. Seus estudos desenvolveram a atribuição de causalidade dos

acidentes aos atos inseguros e condições inseguras, sendo o ato inseguro definido como uma falha por parte do trabalhador e a condição insegura estando relacionada a uma falha do ambiente de trabalho, que na verdade se traduz como um estimulante para o ato inseguro.

Durante muito tempo, a análise proposta por Heinrich (1950) tornou-se um padrão para a investigação de acidentes industriais, satisfazendo a necessidade de empresas, companhias de seguros e governos. Somente décadas mais tarde uma nova abordagem foi apresentada.

3.1 A EVOLUÇÃO DA ANÁLISE DE ACIDENTES INDUSTRIAIS

Na década de 1980, Perrow (1984) desenvolve uma nova abordagem de investigação de acidentes industriais através do conceito de acidentes sistêmicos, os quais estão relacionados às propriedades complexas dos sistemas de controle das plantas industriais que estavam cada vez mais agregando tecnologias modernas e, com isso, aumentando sua complexidade.

Assim, de forma incipiente, surge o entendimento de que um acidente em sistemas tecnológicos complexos, ou seja, nas modernas plantas industriais, é o resultado de uma interação não antecipada de múltiplas falhas, e que isto é algo sempre possível de ocorrer nesses tipos de sistemas complexos. Com base nessa abordagem, o autor determina que, quanto maior a complexidade de um sistema, maior será a probabilidade de um acidente ocorrer, fazendo com que essa possibilidade seja algo “normal” de se acontecer nas modernas plantas industriais de alta complexidade.

De forma mais completa, Kletz (2009) apresenta que os acidentes industriais são eventos causados pela interação de diversos fatores, sendo necessária uma análise detalhada dos sistemas de gestão da organização e dos sistemas técnicos que compõem as plantas de processo. Além disso, afirma que os erros humanos não devem ser listados como causas de acidentes, na medida em que essa atribuição não leva a conclusões construtivas para o entendimento dos acidentes.

Apesar disso, o autor afirma que diversas organizações atribuem aos trabalhadores mais próximos da linha de execução à causa imediata dos acidentes, ou seja, a falha humana foi o motivo principal de um determinado acidente ter ocorrido. Nesse sentido, afirma também que todos os acidentes podem ser relacionados a falhas do gerenciamento de pessoas, processos e procedimentos.

Tomando como ponto de partida grandes acidentes industriais importantes ocorridos a partir do final da década de 1970, tais como *Three Mile Island*, em 1979, e Chernobyl, em 1986, representado pela Figura 1, Lorry (1999) questiona o paradigma da visão tradicionalista sobre os acidentes - causa fundamental no erro humano isolado, os indivíduos que erram são os operadores, prevenção através de normatizações - e para a conseqüente proposição de associá-los aos problemas nas relações sociais de trabalho e da comunicação no trabalho enraizados nas organizações.

Figura 1 - Acidente de Chernobyl, 1986.



Fonte: LEATHERBARROWL, 2016.

O acidente de Chernobyl foi um marco para o início da compreensão da importância dos fatores humanos na análise de investigação de plantas industriais de alta complexidade, que no caso se tratava de uma grande usina nuclear. Esse emblemático acidente ocorreu em 26 de abril de 1986 e, apesar da rigidez dos projetos e procedimentos de segurança adotado em usinas nucleares, da experiência e da disciplina operacional soviética, o grave acidente causou a perda instantânea das diversas barreiras de defesa da usina, causando a liberação catastrófica de parte do núcleo radioativo para o meio ambiente.

O vazamento foi detectado em países da Europa como a Holanda, resultando em contaminação radioativa, perda de vidas, explosões de grande porte e implicações geopolíticas mundiais. A catástrofe resultou na comprovação de que a rigidez no cumprimento de normas, modernos sistemas tecnológicos de controle e operadores com alto desempenho técnico não são suficientes para se evitar acidentes. Ordens superiores para a realização de testes de segurança em um momento operacional inoportuno haviam sido dadas durante a operação em Chernobyl e foram seguidas pelos operadores, o que levou ao grave acidente.

De acordo com Ponte Júnior (2012), identificou-se que, nesse tipo de situação, a segurança precisaria ir além dos limites da confiabilidade humana, da qualidade dos equipamentos e da rigidez no cumprimento de normas e ordens hierárquicas. Entendeu-se necessário desenvolver uma cultura de segurança acima de regras, normas e equipamentos e que propicie a priorização da segurança no tempo certo, ou seja: quando ainda é possível evitar uma catástrofe. Complementando a abordagem de que o acidente é o

resultado dos vários elementos que compõem uma organização, Reason (2008) apresenta o conceito dos chamados acidentes organizacionais, identificados como os eventos raros e catastróficos ocorridos em sistemas tecnológicos complexos, como a indústria nuclear, a indústria química de processo e a aviação comercial, com origem vinculada às suas estruturas organizacionais.

Nesse conceito, são determinadas duas categorias de fatores causais de acidentes: falhas ativas, que são as ações e decisões das pessoas mais próximas do final do sistema - por exemplo, operadores de campo e de sala de controle e equipes de manutenção; e condições latentes, que são as falhas associadas às ações e decisões das gerências das organizações, dos projetistas, dos fabricantes, dos governos e das agências.

Com isso, os acidentes seriam então o resultado de falhas ativas conformadas pela existência dessas condições latentes. Como reflexo dessas definições, há a explicitação de que ações humanas e organizações, nos diversos níveis das empresas, têm relação com a ocorrência de acidentes, superando o conceito equivocado de que são apenas as falhas dos trabalhadores que executam a atividade fim como os causadores dos acidentes.

Contudo, apesar de diversos especialistas afirmarem que a falha do ser humano é apenas um dos vários elementos que causam os acidentes, diversas empresas, organizações e governos ainda desenvolvem ações de análise de acidentes que, em vez de buscar as verdadeiras causas e consequências desses acidentes, buscam culpados e prejuízos. Sobretudo quando há grandes prejuízos financeiros e fatalidades de trabalhadores, torna-se ainda mais necessário compreender os diversos fatores, ou seja, os fatores humanos que contribuíram para a cadeia de eventos que causou o acidente.

Nesse sentido, quando se retrata os ambientes de trabalho offshore, onde há equipamentos e processos que empregam altas temperaturas, altas pressões e produtos químicos extremamente reativos, fica ainda mais explícita a importância da compreensão dos fatores humanos na análise de acidentes em plataformas de petróleo em alto-mar.

Analisar adequadamente um acidente nesse ambiente de trabalho, compreendendo a dinâmica dos fatores que afetam a interação do ser humano com os diversos sistemas complexos *offshore*, trará informações

valiosas que não somente evitarão outros acidentes, mas também reduzirão significativamente lesões aos trabalhadores, danos ao meio ambiente, perdas de produção e crises geopolíticas.

3.2 ACIDENTES NAS PLATAFORMAS DE PETRÓLEO OFFSHORE

Em 20 de abril de 2010, a plataforma *Deepwater Horizon* perfurava um poço de petróleo no campo de Macondo, no Golfo do México, quando uma falha no revestimento interno desse poço causou o descontrole dessa operação. Como consequência, as estruturas do poço não suportaram a pressão do petróleo e do gás do reservatório de Macondo, causando um fluxo descontrolado de fluidos do reservatório até o topo da coluna de perfuração da plataforma, inundando esses equipamentos com petróleo e liberando gás por toda a plataforma.

Esse vazamento de gás penetrou por diversas áreas da plataforma e, após uma ignição inicial oriunda das máquinas do sistema de geração de energia elétrica, uma série de outras explosões e incêndios destruíram a torre de perfuração, a casa de máquinas e demais áreas da plataforma. A explosão e consequente afundamento da plataforma perfuração de petróleo e gás *Deepwater Horizon* causou a fatalidade de onze trabalhadores da indústria offshore do Golfo do México (WALSH, 2010).

Nas semanas que se seguiram à investigação desse acidente, os profissionais envolvidos nessa atividade desenvolveram diversas ações para não somente descobrir as causas imediatas desse acidente, mas também as causas básicas e organizacionais, de forma a encadear adequadamente a sequência de eventos que foram responsáveis por essa perda.

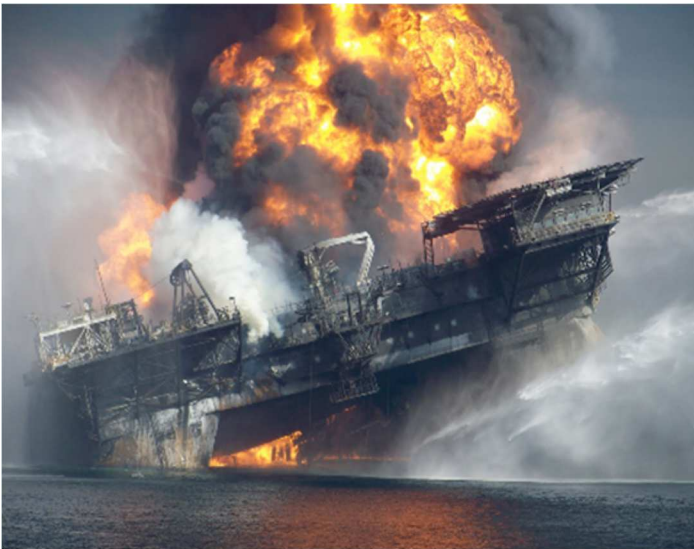
Recentemente, o Governo norte-americano concluiu o processo criminal desse acidente, e uma das diversas causas acidentais que esse processo identificou foi a falha de comunicação organizacional entre empreiteiros, contratantes e operadores (WILLIAMS, 2013). Antes desse processo, em 2011, o *Deepwater Horizon Study Group*, na Califórnia, também identificou a falha de comunicação, bem como a de cultura organizacional, como fatores responsáveis por esse acidente (DEEPWATER, 2011).

Elementos relativos à comunicação no ambiente de trabalho, cultura organizacional e relações subjetivas entre trabalhadores, são classificados como fatores humanos, ou seja, fatores capazes de influenciar no desempenho do ser humano em seu ambiente de

trabalho, sobretudo em ambientes complexos tecnológicos, em que há grande indução ao erro (PONTE JÚNIOR, 2014).

Nesse sentido, como apresentado na Figura 2, o acidente da plataforma *Deepwater Horizon* mostrou que compreender os fatores humanos que contribuíram para a causa de um acidente possibilitará desenvolver soluções de engenharia para que esses fatores não sejam a causa de acidentes futuros.

Figura 2 - Acidente da Plataforma Deepwater Horizon, 2010.
Fonte: LUSTGARTEN, 2012.



Desde o acidente da plataforma *Deepwater Horizon*, muito foi estudado e desenvolvido, nacional e internacionalmente, com o intuito de evitar que acidentes como esse pudessem novamente acontecer. No entanto, apesar de todo esse empenho e divulgação dos aprendizados, acidentes offshore catastróficos continuam acontecendo.

Na manhã do dia 11 de fevereiro de 2015, a bordo da Plataforma de perfuração e produção, armazenamento e transferência (*Floating production, storage and offloading* - FPSO), na cidade de São Mateus (FPSO-CSM), localizada na Bacia do Espírito Santo, realizava-se uma operação rotineira de transferência e armazenagem de mistura de água e condensado entre tanques de carga e slop dessa unidade. Durante essa operação, observou-se um vazamento de condensado nas tubulações desse sistema. Diversas decisões e ações de contenção foram tomadas; contudo, apesar disso, uma grande explosão ocorreu no interior da casa de bombas, produzindo severos danos para a plataforma, a fatalidade de nove trabalhadores e ferimentos em outros vinte e seis (BRASIL, 2015).

Perdas trágicas e inestimáveis ocorreram com esse acidente. Nas semanas que se seguiram após esse acidente, diversos profissionais e diversos órgãos, brasileiros e internacionais, envolveram-se na análise e investigação das causas desse evento indesejável. Tempo depois, a Marinha do Brasil apresentou o Relatório de Investigação de Segurança Marítima do FPSOCSM, onde diversos fatores foram identificados como causas desse acidente.

Além das causas atribuídas a equipamentos, legislação e processos, esse relatório conclui que diversos fatores de comunicação e organizacionais também contribuíram para esse acidente, denotando a importância da compreensão exata dos fatores humanos dentro da operação de sistemas complexos offshore. De forma análoga, o Relatório de Investigação do FPSO-CSM, elaborado pela Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente (SSM) da ANP Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), apresenta diversos elementos contribuintes para esse acidente, destacando-se a degradação da equipe de bordo e a exposição de pessoas como causas associadas aos fatores humanos contribuintes para esse acidente (AGÊNCIA, 2015).

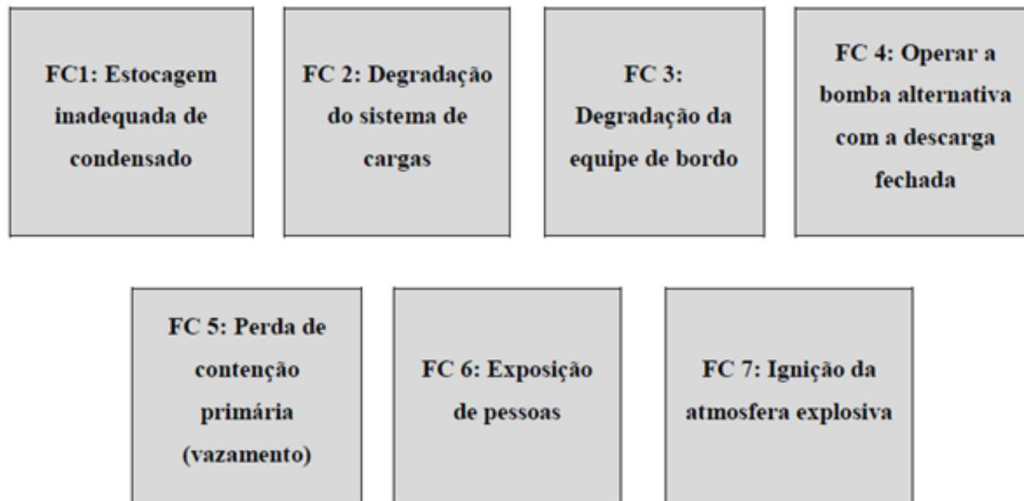
4 FATORES HUMANOS NA ANÁLISE DE ACIDENTES EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO OFFSHORE

De acordo com a ANP (2015), no acidente do FPSO CSM, foram identificados 7 fatores causais através de uma árvore de falhas que correlaciona diversas causas raiz, assim como recomendações pertinentes ao acidente. A Figura 3 apresenta de forma resumida a relação dos Fatores Causais desenvolvida por essa entidade.

Analisando o FC 3: Degradação da equipe de bordo, percebe-se que esse elemento tem direta relação com as relações interpessoais e organização entre o trabalhador e sua estrutura hierárquica, bem como entre trabalhadores na mesma linha de decisão, mas com funções similares ou distintas. Percebe-se, também, que o FC 3 encontra similaridades com os seguintes fatores humanos e organizacionais identificados por Kariuki e Löwe (2006):

- A1 fatores humanos e política de segurança;
- A2 cultura organizacional;
- A5 gerência e supervisão;
- B1 treinamento;
- B2 procedimentos;
- B3 comunicação.

Figura 3 - Fatores causais do acidente de explosão ocorrido no FPSO CSM.



Fonte: ANP, 2015.

É importante ressaltar que, deste arcabouço de fatores humanos inter-relacionados, a comunicação exerce fator fundamental, senão decisivo, para a causa de um acidente, haja vista que diversos outros estudos, apresentados por Ponte Júnior (2012), França (2014) e Roberts, Flin e Cleland (2015), têm identificados sistematicamente a comunicação como um dos mais relevantes fatores humanos em ambientes de trabalho *offshore*.

Além disso, no que diz respeito à comunicação verbal e a certeza da transmissão da mensagem, o acidente do FPSO-CSM contou com o agravante de possuir empregados de nacionalidades distintas, que, apesar de se comunicarem através da língua inglesa, apresentaram momentos em que essa comunicação não era plena.

De forma também decisiva, sobretudo em um ambiente de trabalho de alto risco, que é o ambiente de trabalho de uma plataforma de petróleo offshore, a cultura de segurança foi um dos elementos identificados como contribuintes para esse acidente. Segundo o relatório da ANP (2015), a falta de requisitos mínimos de gestão de riscos deteriorou a cultura de segurança das equipes de bordo, influenciando toda a cadeia de comando e contribuindo para o acidente do FPSO-CSM.

Analisando especificamente as ações deterioradas associadas à cultura de segurança, percebe-se que, mesmo em uma situação declarada de presença de hidrocarboneto em um ambiente de espaço restrito, foram autorizadas a entrada e permanência de equipes de trabalho nesse ambiente.

Fica evidente que a percepção de risco dos trabalhadores e da liderança de bordo estava

inadequada, pois diversos procedimentos operacionais indicam claramente que na presença confirmada de hidrocarboneto, com formação de atmosfera explosiva, a ação de resposta é o *shutdown* escalonado da planta de produção, e não a intervenção de trabalhadores. Como pode ser identificado pela Figura 4, para a construção de uma sólida cultura de segurança, são necessários dois pilares fundamentais: a disciplina operacional e a percepção de riscos, sendo este último um dos mais críticos fatores humanos presentes em um ambiente laboral *offshore*.

Figura 4 - A cultura de segurança e seus pilares fundamentais.



Fonte: OS AUTORES, 2016.

Analisando ainda o arcabouço de fatores humanos apresentados por Kariuki e Löwe (2006), e tendo como base a análise de acidentes de plataforma *offshore*, percebe-se que há ainda diversos fatores humanos, neste ambiente, que influenciam decisivamente no desempenho do trabalhador e também, ao mesmo tempo, são elemento contribuintes para a cadeia de eventos que culmina em um acidente.

O design de controles, as telas e *displays*, os painéis de controle na área industrial são equipamentos de interação homem-máquina que, quando há falhas nessa interação, quer seja por parte do trabalhador, quer seja por parte das máquinas, surge um elo fraco na corrente que forma a proteção de uma atividade laboral. Ademais, a iluminação, a temperatura, o

ruído, a vibração e a insalubridade, fatores humanos presentes nos ambientes de trabalho *offshore*, exercem sobremaneira influência no desempenho dos trabalhadores, bem como no desempenho de máquinas e equipamentos, deteriorando tanto condições físicas de equipamentos, quanto condições psicofisiológicas de operadores, diminuindo a percepção de risco e a confiabilidade de todo o sistema sociotécnico complexo que estrutura uma plataforma de petróleo *offshore*.

4 CONCLUSÃO

Segundo o relatório do acidente do FPSO CSM, apresentado pela ANP (2015), foram identificados sete fatores causais através de uma árvore de falhas que correlaciona diversas causas raiz, assim como recomendações pertinentes ao acidente. Analisando esses fatores causais frente às considerações propostas por Reason (1997), Lorry (1999), Kariuki e Lowe (2006), Kletz (2009), Ponte Júnior (2014), Roberts, Flin e Cleland (2015), e muitos outros especialistas que se debruçam sobre as questões relativas aos fatores que afetam o desempenho humano, fica patente que não há uma solução exata para os problemas evidenciados.

No entanto, ao mesmo tempo, claro está que soluções podem ser desenvolvidas através da compreensão multidisciplinar dos fatores humanos, da cultura organizacional e todos aqueles elementos que estão presentes nos ambientes de alta tecnologia e complexidade das plantas industriais *offshore*. Neste estudo, identificou-se que os acidentes analisados têm diversas causas contribuintes, sendo estas relacionadas com a disciplina operacional das empresas e a percepção de riscos de seus empregados; uma falha em qualquer um destes dois elementos irá ruir a construção da cultura de segurança da empresa. Analisar os fatores humanos que afetam o desempenho dos trabalhadores auxilia a identificar as falhas na disciplina operacional das empresas e a percepção de riscos de seus empregados, possibilitando o tratamento dessas falhas e consequente construção da cultura de segurança.

Analisando as atuais e tradicionais ferramentas de análise de riscos, tais como HazOp (*Hazard and Operability Study*), FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e APR (Análise Preliminar de Riscos), percebe-se que estas não apresentam de forma eficiente uma análise que contemple os fatores humanos de um ambiente de trabalho, mas têm grande destaque na análise de riscos de processos, sistemas e equipamentos. Outras ferramentas de análise de riscos mais elaboradas, tais como FTA (*Fault Tree Analysis*),

BBN (*Bayesian Belief Network*) e Redes de Petri, permitem uma análise mais abrangente, identificando falhas relativas ao desempenho dos trabalhadores, sobretudo porque tais técnicas permitem a análise de multicausalidade simultânea.

Apesar disto, essas ferramentas têm se tornado o ponto de partida para novas soluções que contemplam a análise dos fatores humanos, como é o caso da Human-HazOp (*Human Hazard and Operability Study*), ATHEANA (*A Technique for Human Error Analysis*), CREAM (*Cognitive Reliability and Error Analysis Method*).

Frente a essa nova possibilidade de analisar riscos e identificar os fatores humanos que mais influenciam o ser humano em um ambiente de trabalho, o próximo passo é fazer com que as ferramentas de análise e investigação de acidentes também contemplem essa dimensão, mostrando de forma objetiva, eficiente e clara que a falha do ser humano, ou seja, o “erro humano” é apenas um dos diversos fatores que contribuem para um acidente, e não o único elemento causador de um acidente.

Ou seja, a cultura organizacional de que o erro humano é o único causador de um acidente já não encontra mais eco nos atuais estudos de análise de risco e investigação de acidentes, pois estes claramente mostram que há diversos fatores humanos que influenciam o desempenho do trabalhador, fazendo com que ele seja apenas uma das mais diversas causas de um acidente.

Com base nos estudos apresentados e na análise dos relatórios do acidente do FPSO-CSM, apresentados pela ANP (2015) e pelo Ministério da Marinha do Brasil (2015), percebe-se que ambos os elementos causadores desse acidente são caracterizados como fatores humanos, embora isto não seja claramente descrito nesses documentos como tal. Diante disto, nota-se que há o surgimento de uma nova e incipiente abordagem dos fatores humanos na análise e investigação de acidentes, contribuindo não somente para um processo de investigação mais eficiente, mas também para a redução da incorreta teoria de que o acidente do trabalho é culpa do trabalhador envolvido na tarefa.

No atual cenário econômico e geopolítico, onde os riscos de um negócio são cada vez maiores e os sistemas tecnológicos cada vez mais complexos, é fundamental para as empresas, sobretudo aquelas que atuam na produção de petróleo *offshore*, desenvolver uma capacidade de compreender seus riscos e

processos, identificando, tanto no gerenciamento de riscos quanto na investigação de acidentes, os fatores humanos mais relevantes nos ambientes de trabalho de suas plantas industriais.

ABSTRACT

In the current global geopolitical scenario, where various economic and social activities influence the policy of the countries, exploration and offshore oil production have strategic importance in the development of these countries and regions of its geopolitical influence. In this scenario, develop and produce an undersea oil well, and raise the oil to a platform, by itself already presents a number of risks. Avoid loss of containment this critical scenario is critical, as well as the loss of production, may occur serious accidents resulting in injury to workers, attacks on the environment and geopolitical instability. Accidents like the Piper Alpha platform in the North Sea (1988), the P-36 in the Campos Basin (2001) and the Deepwater Horizon in the Macondo field in the Gulf of Mexico (2010) show that the consequences of a this event rides are tragic and, despite all technological change control processes, accidents continue to occur. In view of these accidents, time is the most relevant systemic analysis of all the elements that contributed to the undesirable event, it is necessary therefore to analyze not only the machinery, equipment and processes, but also the organizational culture and human factors. Only through an accident analysis covering all elements of accidental chain will be possible to identify the causes that contributed to an accident, allowing the development of safeguards and appropriate corrections to each specific accident.

Keywords: Risk Management. Human Factors. Offshore Oil Platform. Safety Engineering.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). Superintendência de segurança operacional e meio ambiente. **Relatório de Investigação do incidente de explosão ocorrido no FPSO Cidade de São Mateus em 11 de fevereiro de 2015**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <www.anp.gov.br/wwwanp/?dw=78834>. Acesso em: 01 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria Geral de Navegação. Diretoria de Portos e Costas. Superintendência de Segurança do Tráfego Aquaviário. **Relatório de investigação de segurança marítima: FPSO Cidade de São Mateus explosão seguida de alagamento, com vítimas, 11 de fevereiro de 2015**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://>

www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/diaan/re_l_acidentes/smateus/fpso_cid_smateus_br.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2016.

CARVALHO, P. V. R.; VIDAL, M. C. **Ergonomia cognitiva: raciocínio e decisão no trabalho**. Rio de Janeiro: EVC, 2008.

CULLEN, Lord. **The public inquiry into the Piper Alpha disaster**. London: The Stationery Office, 1990. DEEPWATER HORIZON STUDY GROUP. **Final report on the investigation of the Macondo well blowout**. Califórnia: CCRM: University of California Berkeley, mar. 2011. Disponível em: <http://ccrm.berkeley.edu/pdfs_papers/bea_pdfs/dhsgfinalreportmarch2011-tag.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2016.

DELMOTTE, F. **A sociotechnical framework for the integration of human and organizational factors in project management and risk analysis**. 2003, 261 f. Thesis (Master of Science)- Polytechnic Institute and State University, Faculty of the Virginia, Virginia, 2003. Disponível em: <<https://theses.lib.vt.edu/theses/available/etd-11022003-124614/unrestricted/etd.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2016.

FRANÇA, J. E. M. **Alocação de fatores humanos no gerenciamento de riscos de sistemas complexos offshore**. 2014. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Escola Politécnic e Escola de Química da UFRJ, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1261.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

HEINRICH, H.W. **Industrial accident prevention: a scientific approach**. New York: McGraw-Hill, 1950.

KARIUKI, S. G. **Integrating human factors into chemical process quantitative risk analysis**. 2007. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia)- Technischen Universität, Berlin, 2007. Disponível em: <<http://iteseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?oi=10.1.1.123.424&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

_____, LOWE K. Integrating human factors into process hazard analysis. **Reliability engineering e system safety**, Amsterdam, v. 92, n. 12, p. 1764-1773, Dec. 2006. Edição especial. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832007000166>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

KLETZ, T. **What went wrong?** Case histories of process plant disasters and how they could have been avoided. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009.

LEATHERBARROW, A. **Chernobyl 01:23:40: the incredible true story of the world's worst nuclear disaster**. [S.l.], 2016.

LORRY, M. **Acidentes industriais: o custo do silêncio**. Rio de Janeiro: MultiMais, 1999.

LUSTGARTEN, A. **Run to failure: BP and the making of the deepwater horizon disaster**. New York: W. W. Norton & Company, 2012.

MATSEN, B. **Death and oil: a true story of the piper alpha disaster on the North Sea.** New York: Pantheon, 2011.

PERROW, C. **Normal accidents: living with high-risk technologies.** New York: Basic Books, 1984.

PONTE JÚNIOR, G. P. **Gerenciamento de riscos, cultura de segurança e fatores humanos para simulação computacional de escape e abandono em instalações offshore.** 2012. 163 f. Tese. (Doutorado em Engenharia Oceânica)- Programa de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2012.

_____. **Gerenciamento de riscos baseado em fatores humanos e cultura de segurança.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

REASON, J. **The human contribution: unsafe acts, accidents and heroic recoveries.** Burlington: Ashgate, 2008.

_____. **Managing the risks of organisational accidents.** Surrey: Ashgate, 1997.

ROBERTS, R.; FLIN, R.; CLELAND, J. "Everything was fine": an analysis of the drill crew's situation awareness on deepwater horizon. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 38, p. 87-100, 2015. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/>



Josué Eduardo Maia França

Formação Técnica (1998) em Eletrônica Industrial pelo CEFET-RJ. Graduação (2007) em Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica pela USU. Pós Graduação (2011) em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFRJ. Mestrado (2014) em Engenharia Ambiental pela UFRJ. Petrobras. RH/UP/EGL Rio de Janeiro, RJ.
E-mail: josue.maia@petrobras.com.br

Assed Naked Haddad

Graduação (1986) em Engenharia Civil pela UFRJ. Mestrado (1992) em Engenharia Civil pela UFF. Bacharel (1993) em Direito pela UNIFLU. Doutorado (1996) em Engenharia de Produção pela COPPE-UFRJ. Pós Doutorado (2006) em Engenharia de Produção pela University of Florida. Pós Doutorado (2010) em Engenharia pela Universitat Politècnica de Catalunya - Espanha. UFF - Departamento de Pós Graduação em Engenharia Civil - Niterói, RJ. UFRJ - Departamento de Engenharia Civil - Rio de Janeiro, RJ.
E-mail: assed@poli.ufrj.br

Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

Graduação (1980) em Engenharia Eletrônica pela UFRJ. Pós Graduação (1984) em Engenharia Nuclear pela COPPE-UFRJ. Mestrado (1997) em Engenharia de Produção pela UFF. Doutorado (2003) em Engenharia de Produção pela COPPE-UFRJ. CNEN - IEN, Laboratório Usabilidade e Confiabilidade Humana - Rio de Janeiro, RJ. E-mail: luquetti@ien.gov.br