

Revisitando o acidente da Deepwater Horizon: Uma revisão sistemática da literatura de análises do acidente



Vitor Fernando Silva Gomes Pereira (UFRJ)
vitor.pereira@pep.ufrj.br

Francisco José de Castro Moura Duarte (UFRJ)
duarte@pep.ufrj.br

Tharcisio Cotta Fontainha (UFRJ)
fontainha@pep.ufrj.br

Diversos acidentes na indústria de alto risco vêm abalando o mundo nas últimas décadas. A utilização de taxas de frequência de acidentes para avaliar a segurança vem sendo questionada, sendo que o caso da Deepwater Horizon (DwH) se destaca por ter ocorrido em uma plataforma de extração de petróleo que, até então, era reconhecida por ser uma das mais seguras do Golfo do México. Assim, o objetivo desse artigo é, a partir de análises desse caso, identificar as abordagens, as causas e as proposições para melhoria na segurança, relacionadas com Fatores Humanos (FH), na indústria offshore. Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é conduzida, e depois de analisar 116 resumos e 50 documentos das bases Scopus e ISI Web of Science, 17 artigos que analisam o caso da DwH são selecionados. Essa pesquisa identifica que a maioria das análises utiliza conceitos relacionados a FH e sistemas de gestão de segurança, e que as abordagens mais utilizadas são as de engenharia de processos. Se conclui que as principais causas estão centradas em questões organizacionais e no trade-off entre o foco econômico de produtividade e a segurança, e nas proposições se evidenciam a necessidade de mais treinamentos, regulações e monitoramento. Por fim, é sugerida a análise de outros acidentes e também é identificada a necessidade de se explorar ações mais práticas em relação a melhora da cultura de segurança.

Palavras-chave: Deepwater Horizon, Fatores Humanos, Cultura de Segurança, Análise de Acidentes.

1. Introdução

Diversos acidentes em indústrias de alto risco destacam-se pelo seu impacto de proporções globais. Investigações dos eventos ocorridos em Bhopal, Chernobyl, Challenger, Columbia, Texas City, Deepwater Horizon e Fukushima Daiichi, evidenciam falhas organizacionais e o trade-off entre produção e segurança (MEARNS, 2020). Nesse sentido, uma prática que vem sendo questionada é a utilização de indicadores relacionados com as taxas de frequência para avaliar a segurança industrial (HOLLNAGEL, 2014). Daniellou et al. (2010) enfatizam que os “resultados da segurança” expressos em uma taxa de frequência global, nada revelam dos riscos ampliados na unidade de produção. Além disso, eles podem levar a se incluir, nos mesmos números, acidentes que não possuem os mesmos riscos de origem, fazendo ressaltar acidentes leves em detrimento de reflexões profundas sobre os acidentes graves. Portanto, Hollnagel (2014) e Dekker (2019) apresentam críticas relacionadas a ideia da pirâmide de *bird*, a qual indica que para um certo número de ocorrências de baixo nível, há um valor proporcionalmente menor de casos de maior consequência.

Nesse contexto, o acidente ocorrido na Deepwater Horizon (DwH) em Macondo, golfo do México, em 20 de abril de 2010, destaca-se por ter sido considerada uma das sondas de melhor desempenho em todas as frotas flutuantes da British Petroleum (BP) do ponto de vista de segurança e desempenho de perfuração, não havendo sido registrado um único “incidente com afastamento” nos sete anos anteriores (REPORT TO THE PRESIDENT, 2011). Entretanto, um evento de controle de poço permitiu que hidrocarbonetos escapassem, resultando em explosões, a morte de 11 pessoas, e derramamento de óleo por 87 dias (BP, 2010). Com esse caso, Dekker (2019) evidencia a crítica relacionada a pirâmide de *bird*, indicando que sem registros nas partes inferiores do triângulo em vários anos, isso deveria ter garantido um desempenho livre de fatalidades.

Dessa forma, as investigações e análises desse acidente industrial têm potencial para contribuir para a compreensão de quais caminhos e ações estão sendo seguidas pelos pesquisadores através de suas abordagens. Afinal, o avanço da segurança é, em parte, causado por acidentes graves (SWUSTE et al., 2020). Assim, esse trabalho objetiva identificar as abordagens, as causas e as proposições para melhoria da segurança, relacionadas a Fatores Humanos (FH), encontradas em análises do caso da DwH. Para esse propósito, é realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que permite integrar descobertas e perspectivas de diversos autores, e ainda descobrir áreas nas quais mais trabalhos são necessários (SNYDER, 2019).

Após a introdução, a seção 2 apresenta detalhadamente o método aplicado. Em seguida, a seção 3 traz os resultados da RSL e foca nas abordagens, principais causas, e proposições. A última seção apresenta as conclusões e perspectivas futuras.

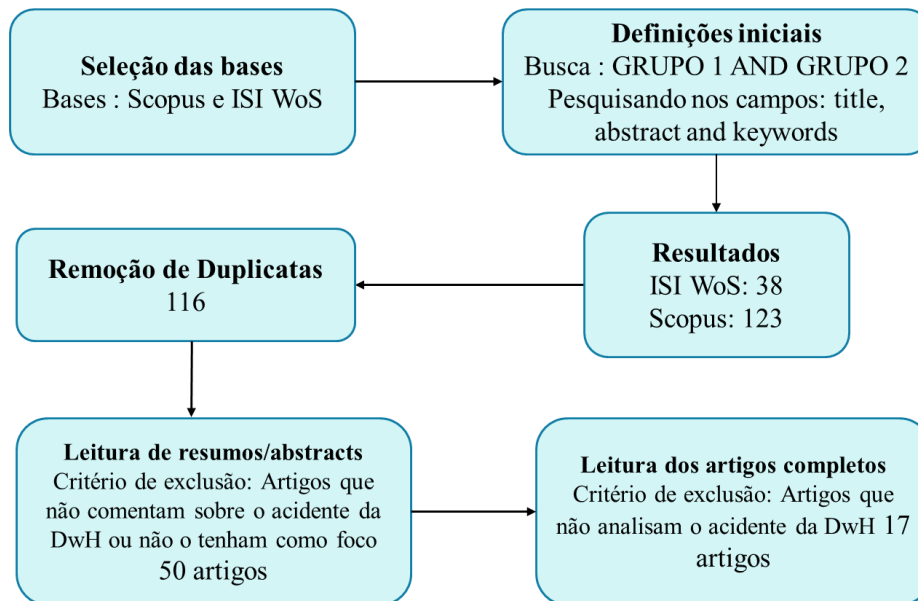
2. Método

Segundo Thomé et al. (2016), uma RSL deve utilizar critérios bem definidos para identificar, avaliar e sintetizar a literatura. Para estruturar uma RSL, Snyder (2019) propõe quatro fases: (1) concepção da revisão, (2) condução da revisão, (3) análise e (4) redação da revisão.

A primeira fase é guiada pelo objetivo do presente artigo. A abordagem de RSL é indicada para o propósito de investigar e sintetizar evidências do efeito de um fator específico (SNYDER, 2019). Dessa forma, essa RSL orienta-se a partir da seguinte questão: Quais fundamentações e abordagens relacionadas com FH têm sido utilizadas para se estudar o caso da DwH, e quais são as causas e proposições encontradas? Ainda nessa etapa, é necessário selecionar as bases de dados e os termos utilizados na pesquisa (SNYDER, 2019). Assim, são escolhidas as bases Scopus e ISI Web of Science (ISI WoS), devido a sua extensa cobertura nas Engenharias e, segundo Mongeon e Paul-Hus (2016), a sua complementariedade. As palavras-chaves são definidas em grupos específicos. O primeiro grupo contém termos relacionados ao objeto de estudo, o acidente da DwH, sendo: “Macondo” OR “Makondo” OR “Deepwater Horizon” OR “Deepwater” OR “Gulf of Mexico” (Grupo 1). O segundo grupo contém os termos relacionados ao campo de FH, e da análise de acidentes, sendo: “human factor*” OR “safety culture” OR “accident analysis” (Grupo 2). Esses dois grupos são combinados entre si utilizando o operador AND.

A segunda fase é a condução da revisão, que segue etapas para a seleção dos artigos de acordo com alguns critérios de exclusão. É realizada a condução por etapas (SNYDER, 2019), lendo primeiro os títulos e resumos para finalmente ler os textos na íntegra. O critério de exclusão na primeira etapa é retirar documentos que não tratam do acidente de Macondo na DwH ou que não o tenham como foco. Nesse sentido, alguns resultados da busca retornam trabalhos realizados em águas profundas (*deepwater*) ou no golfo do México que não possuem relação com o acidente da DwH, ou ainda o citam no resumo como exemplo para abordar outro acidente ou declarar outro objetivo de pesquisa. Em seguida, na leitura completa dos textos, o critério é retirar trabalhos que não realizam de fato uma análise do acidente, sendo este utilizado somente como motivação para sua pesquisa. Um resumo desse processo é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Resumo das etapas de seleção dos artigos



Fonte: Os Autores

A terceira fase compreende a abstração das informações apropriadas de cada artigo (SNYDER, 2019). Dessa forma, realiza-se uma análise qualitativa em que são buscados os “temas” ou “construções”, com o objetivo interpretativo de ampliar a compreensão de um fenômeno particular (GRANT; BOOTH, 2009). Assim, são sintetizados os resultados de maneira a evidenciar: os autores e ano de publicação, as fundamentações principais utilizadas, as abordagens aplicadas, as causas identificadas e as proposições apontadas para a transformação do setor.

Para a identificação da fundamentação principal, é utilizado o trabalho de Dekker (2019), o qual explora as teorias e conceitos de segurança. Todavia, esse autor afirma que a divisão não é apresentada para definir classificações estáticas, mas para organizar as ideias e favorecer uma reflexão sobre o assunto. Dessa forma, nesse trabalho, os artigos são agrupados de acordo com a fundamentação identificada como principal para sua análise, embora seja importante salientar a existência de interseções entre as mesmas. Assim os textos são agrupados naqueles que utilizam de forma mais enfática conceitos relacionados com:

- FH com foco nos sistemas de gestão de segurança: Naqueles que tratam mais sobre regulamentação, com a busca por segurança através de sistemas de gestão, responsabilidades, processos e dados e que se alinham com uma cultura de conformidade;

- Cultura de segurança: Naqueles em que se identifica o uso direto desse conceito, atrelado com o que pode ser encontrado em uma organização antes da ocorrência de um acidente,
- Engenharia de Resiliência: Naqueles que focam em uma teoria voltada para a compreensão de que em sistemas complexos não se pode traçar todas as regras a serem executadas, focando em aprimorar capacidades que possibilitem uma adaptação em várias circunstâncias.

Por se tratar de um acidente já ocorrido, o método utilizado por todos se baseia em uma análise de documentos gerados após o caso. Dessa forma, são identificadas as diferentes abordagens utilizadas, que se classificam em: Engenharia de processos; Utilização/proposição de Frameworks; Análise do discurso e Abordagem do pensamento sistêmico. Para aqueles em que o método de análise de documentos prevalece sem a utilização de outra abordagem complementar, é adotada a classificação “abordagem não definida”.

A última fase de redação da revisão incorpora a apresentação da pesquisa nesse documento, conforme a próxima seção de resultados.

3. Resultados

A síntese das principais fundamentações utilizadas, abordagens aplicadas, principais causas e proposições é mostrada na Tabela 1. Essas categorias de análise são apresentadas nas próximas subseções.

Tabela 1 – Resumo das Análises

Autor(es) / Ano	Fundamentação Principal	Abordagem Aplicada	Causas	Proposições
ABRAHA; LIYANAGE (2014)	Engenharia de Resiliência	Abordagem de pensamento sistêmico	<ul style="list-style-type: none"> > Consciência Situacional Pobre; > Organização Incapaz de detectar desvios; > Objetivos conflitantes: Produção vs. Segurança > Cultura de segurança disfuncional > Falta de padrões da indústria 	<ul style="list-style-type: none"> > Gerenciamento de segurança deve se concentrar em como acomodar essa variabilidade sem afetar a estabilidade do sistema; > Melhores modelos conceituais e estruturas que revelam essa complexidade e incerteza e tomam os sistemas mais transparentes; > Abordagens alternativas para o gerenciamento de risco são necessários.
AMERNIC; CRAIG (2017)	Cultura de Segurança	Análise do discurso	<ul style="list-style-type: none"> > Tensão entre a eficiência econômica e o desejo por uma forte cultura de segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> > Reconhecer a importância do monitoramento da linguagem dos CEOs é importante em uma era de corporações globais.
CHENG et al. (2013)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Não definida	<ul style="list-style-type: none"> > Modificação do projeto relacionado com a cimentação > Lacunas em etapas de procedimento da operação > Defeitos na gestão e manutenção de equipamentos > Problemas na Tomada de decisão 	<ul style="list-style-type: none"> > Melhorar a tecnologia de perfuração offshore > Fortalecer a supervisão e gestão das estruturas > Cultivar uma cultura de segurança > Estabelecer um sistema de resposta de emergência > Treinamentos mais eficazes
DAHLE et al. (2012)	Cultura de Segurança	Não definida	<ul style="list-style-type: none"> > Trabalho de cimentação deficiente e integridade reduzida do poço 	<ul style="list-style-type: none"> > Caminhar em direção a uma responsabilidade mais coletiva pela segurança > Identifica a sugestão de anonimato e proteção do denunciante
FITZGERA LD; BREEN; PATRICK (2012)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Não definida	<ul style="list-style-type: none"> > Erros Organizacionais > Cultura Organizacional 	<ul style="list-style-type: none"> > Fortalecer Liderança > Ter compromisso com um plano de segurança
GROSSW EILER; COSTELL O; GRAHAM (2013)	Misto	Não definida	<ul style="list-style-type: none"> > Erros na organização corporativa e operacional 	<ul style="list-style-type: none"> > Obter o equilíbrio entre as técnicas de análise quantitativa e qualitativa. > Melhorar a gestão de risco, indo além dos requisitos mínimos prescritivos.
HARTIGA N; THRASHE R; ADLAM (2016)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Engenharia de Processos: a) Modelo de risco dinâmico b) bowtie	<ul style="list-style-type: none"> > Problemas: Tomada de decisão 	<ul style="list-style-type: none"> > Aplicação de dados em tempo real para informar a consciência de risco e melhorar a segurança.
NORAZAH AR et al. (2014)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Proposição de Framework: de FHO relacionados a Fuga, evacuação e resgate (EER)	<ul style="list-style-type: none"> > Problemas: Comunicação e liderança 	<ul style="list-style-type: none"> > Fortalecer: Treinamento para reconhecimento de incertezas > Deve se ter uma forte cultura de segurança encorajando todos os níveis da empresa > Verificar regularmente os equipamentos e procedimentos de emergência > Gerenciar o estresse é crucial para evitar o pânico

Autor(es) / Ano	Fundamentação Principal	Abordagem Aplicada	Causas	Proposições
PRANESH et al. (2017)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Engenharia de Processos: a) Process Hazard Analysis (PHA) b) Fault tree analysis (FTA) c) Analytical hierarchy process (AHP)	> Problemas: Comunicação; > Negligência humana de ameaça perigosa e falta de conhecimento e habilidade. > Produção vs. pressão de segurança > Problemas em: Tomada de decisão; Avaliação de risco, Comunicação Interorganizacional; Liderança	> Fortalecer: Liderança; Treinamento para reconhecimento de incertezas > Ter uma boa prática de SMS > Considerar a dinâmica social nas avaliações de risco em grupo; > Fortalecer: Tomada de Decisão dos operadores; Comunicação; Treinamento para reconhecimento de incertezas
READER; O'CONNOR (2014)	Cultura de Segurança	Abordagem de pensamento sistêmico	> Consciência Situacional Pobre; > Informações ausentes; > Falta de procedimentos claros	> Fortalecer: Monitoramento na perfuração; e Treinamento para reconhecimento de incertezas
ROBERTS; FLIN; CLELAND (2015)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Aplicação de um Framework de Consciência da situação do sondador (DSA)	> Erros de Organização ou Gestão causados por liderança deficiente; > Fraca Cultura de segurança > Treinamento de detecção de Kick inadequado;	> Métodos de prevenção específicos ou sugestões do incidente não são discutidos neste artigo
SMITH et al. (2013)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Desenvolvimento de um sistema de classificação de erros	> Problemas: Comunicação e consciência de risco; > Resposta atrasada	> Implementar barreiras de Fatores Humanos que estavam ausentes
ST JOHN (2016)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Engenharia de Processos: a) bowtie b) ciclo de decisão	> Equipe sem entendimento do estado do poço; > Falha de interpretação	> Implementar barreiras de Fatores Humanos que estavam ausentes
ST JOHN (2017)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Engenharia de Processos: a) bowtie b) ciclo de decisão	> Fatores organizacionais como pressão econômica, comunicação e gestão de pessoas	> Implementar regras e regulamentos mais precisos nas interações entre as organizações envolvidas > projetar infraestruturas de relatórios para melhor a comunicação
TABIBZAD EH; MESHKATI (2015)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Proposição de Framework para analisar as interações de várias organizações-chave em sistemas de alto risco	> Fatores organizacionais como pressão econômica e comunicação	> Implementar barreiras de Fatores Humanos que estavam ausentes (Barreiras preventivas e de mitigação)
TABIBZAD EH; MOKHTARI (2018)	Fatores Humanos Sistemas de gestão de segurança	Engenharia de Processos: a) AcoiMap b) Bowtie	> As equipes de plataforma constroem, a partir do que veem ao seu redor, uma visão de mundo que está fundamentalmente desconectada da realidade da situação em que estão realmente trabalhando	> Implementar os atributos de organizações de alta confiabilidade > Controle Operacional do Trabalho: treinamento em habilidades não técnicas
THOROG OOD (2015)	Engenharia de Resiliência	Não definida		

Fonte: Os autores

3.1. Abordagens

Nos trabalhos que utilizam principalmente uma fundamentação relacionada com os sistemas de gestão de segurança, as abordagens de análise do caso mais utilizadas envolvem ferramentas relacionadas à engenharia de processos. Hartigan, Thrasher, Adlam (2016) apresentam uma abordagem que incorpora dados em tempo real através de uma Modelagem Dinâmica de Risco. ST John (2016, 2017) trabalha com o conceito de “barreiras de FH” utilizando a ferramenta do “*bowtie*” em conjunto com o ciclo de decisão, que é um conceito vindo da psicologia cognitiva e de FH para descrever a sequência de etapas envolvidas na tomada de decisão. Tabibzadeh e Mokhtari (2018) utilizam a metodologia “Accimap” que destaca uma representação gráfica incorporando fatores sócio-técnicos em uma estrutura integrada para ilustrar o que ocorreu em um acidente. Pranesh et al. (2017) aplicam o método PHA (Análise de perigos do processo), que envolve técnicas qualitativas para descobrir e avaliar os perigos, juntamente com a FTA (Análise da árvore de falhas), que permite uma dedução de “*top down*” das falhas, e a técnica AHP (Processo de Hierarquia Analítica) para resolver problemas de decisão complexos através de uma estrutura hierárquica.

Norazahar et al. (2014) propõem um framework que combina aspectos de FH para as operações de fuga, evacuação e resgate (EER). Roberts, Flin e Cleland (2015) aplicam o modelo de protótipo DSA (Consciência da situação do sondador), que faz uma análise do conteúdo dos componentes de *situation awareness* (SA) nos relatos da tripulação durante dois Testes de Pressão Negativa (NPT). Já Tabibzadeh e Meshkati (2015) propõem uma estrutura multi-organizacional de quatro camadas para analisar as interações e comunicações entre os três participantes-chave declarados no caso.

Smith et al. (2013) desenvolve um sistema de classificação de erros para identificar as causas prováveis, e, juntamente com Fitzgerald; Breen e Patrick (2012) e Cheng et al. (2013), destacam a utilização de documentos como notícias e relatórios para realizarem a análise.

Três trabalhos selecionados utilizam diretamente o conceito de cultura de segurança. Dahle et al. (2012) apresentam o conceito após o acidente de Chernobyl. Reader e O’connor (2014) utilizam duas abordagens para realizar sua análise, a de Habilidades não-técnicas (NTS) e a de cultura de segurança. Essa última é definida como um conceito amplo para entender a forma que são moldadas as crenças e atividades relacionadas à segurança. Em seguida os autores adotam a perspectiva de pensamento sistêmico para integrar suas descobertas. Por último, Amernic; Craig (2017) trabalham com a análise do discurso para entender como a linguagem do CEO contribui para a depreciação da cultura de segurança.

Dois autores baseiam suas análises através da perspectiva da Engenharia de Resiliência. Abraha e Liyanage (2014) trabalham a partir dos relatórios investigativos do caso, e utilizam uma visão de pensamento sistêmico abordando os conceitos de Organizações de Alta Confiabilidade (HRO) e da engenharia de resiliência. Thorogood (2015) revisa a decisão de teste de influxo em Macondo e tenta entender as razões pelas quais a tripulação não conseguiu perceber a evolução do problema. Ambos os autores criticam as análises tradicionais. Comentam que os modelos de *Swiss cheese* e os *bowtie* não fornecem explicações adequadas para os acidentes e não mostram a teia por trás das barreiras aplicadas.

Por fim, Grossweiler, Costello e Graham (2013) trabalham com conceitos mistos ao analisar diversos documentos que desenvolveram avaliações ou recomendações para melhorias na regulamentação da indústria, baseando-se em ideias relativas a FH publicadas por essas várias fontes.

Através dessas análises, percebe-se que todos aplicam abordagens para tentar reconhecer as causas do acidente. Muitas delas buscam remontar a linha do tempo e compreender a sequência de ações que resulta no evento indesejado, o acidente da DwH, procurando identificar pontos críticos a serem avaliados. Os autores buscam se fundamentar principalmente nos conceitos de FH que remetem a um sistema de gestão de segurança, mas há também atenção às regulamentações.

3.2. Principais causas

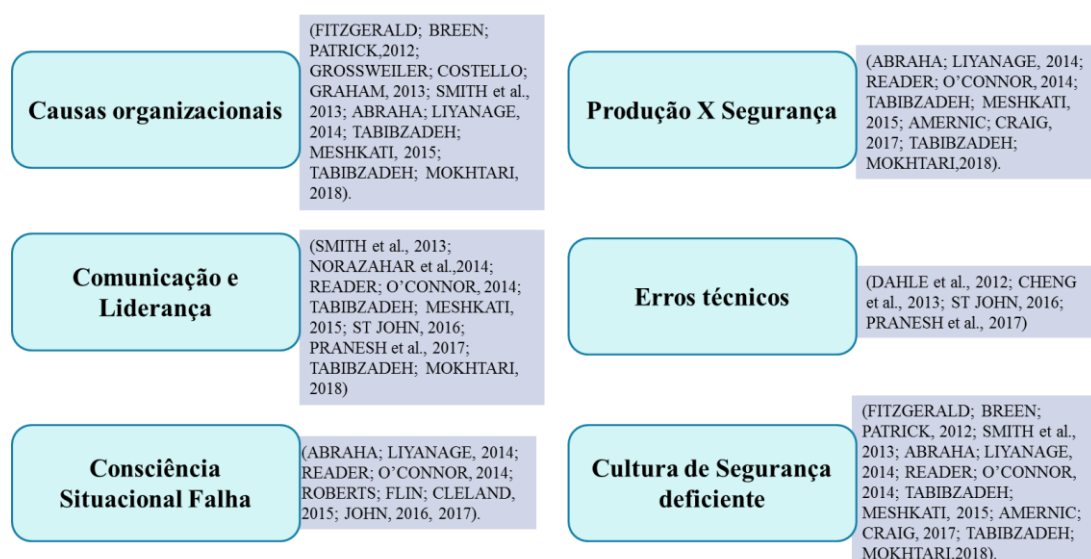
Dentre as causas mais citadas, está a presença de diversos erros organizacionais que são mencionados explicitamente por seis trabalhos (FITZGERALD; BREEN; PATRICK, 2012; GROSSWEILER; COSTELLO; GRAHAM, 2013; SMITH et al., 2013; ABRAHA; LIYANAGE, 2014; TABIBZADEH; MESHKATI, 2015; TABIBZADEH; MOKHTARI, 2018). Dentre eles, os problemas mais relatados como fator chave para o acidente são os de comunicação (NORAZAHAR et al., 2014; READER; O’CONNOR, 2014; TABIBZADEH; MESHKATI, 2015; ST JOHN, 2016; PRANESH et al., 2017; TABIBZADEH; MOKHTARI, 2018) e de liderança (SMITH et al., 2013; NORAZAHAR et al., 2014; READER; O’CONNOR, 2014; PRANESH et al., 2017).

A existência de uma SA falha também aparece em evidência. A equipe não havia entendido o estado do poço, não conseguindo interpretar as informações e fazendo uma avaliação de risco incorreta (ABRAHA; LIYANAGE, 2014; READER; O’CONNOR, 2014; ROBERTS; FLIN; CLELAND, 2015; ST JOHN, 2016, 2017). Nesse sentido, outra questão apontada é a falha na

tomada de decisão (CHENG et al., 2013; READER; O’CONNOR, 2014; HARTIGAN; THRASHER; ADLAM, 2016; ST JOHN, 2016). Além disso, também são citados a ocorrência de erros técnicos como a negligência humana frente a uma ameaça perigosa (PRANESH et al., 2017), um treinamento inadequado na detecção de *kick* (ST JOHN, 2016), e problemas relacionados ao processo de cimentação deficiente (DAHLE et al., 2012; CHENG et al., 2013). Outro fator, é a falta de padrões na indústria, havendo lacunas em etapas de procedimentos e operações apontadas como não claras (CHENG et al., 2013, ABRAHA; LIYANAGE, 2014; ROBERTS; FLIN; CLELAND, 2015).

Outro tema que aparece em cinco trabalhos se refere a tensão entre a eficiência econômica e o desejo por forte cultura de segurança, havendo objetivos conflitantes entre produção e segurança com uma forte pressão econômica (ABRAHA; LIYANAGE, 2014; READER; O’CONNOR, 2014; TABIBZADEH; MESHKATI, 2015; AMERNIC; CRAIG, 2017; TABIBZADEH; MOKHTARI, 2018). Outros autores também apontam uma cultura de segurança deficiente (FITZGERALD; BREEN; PATRICK, 2012; SMITH et al., 2013). Nesse sentido somente dois artigos comentam o fato de a DwH ser considerada uma unidade eficiente, com uma celebração sendo realizada no dia do acidente para marcar sete anos de operação da plataforma sem acidentes (ABRAHA; LIYANAGE, 2014; FITZGERALD; BREEN; PATRICK, 2012). Por exemplo, Thorogood (2015) comenta que as equipes da plataforma constroem uma visão de mundo a partir do seu entorno de forma desconectada da situação real de trabalho na plataforma. Um resumo das principais causas levantadas pelos respectivos autores é apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Principais Causas



Fonte: Os autores

A partir das causas levantadas, percebe-se que o acidente da DwH trouxe à tona questões relevantes para a discussão dos fatores organizacionais na análise dos acidentes pela perspectiva dos FH, ao invés de se focar somente no erro humano. A partir das ferramentas utilizadas, destaca-se que os operadores não estavam preparados para reconhecer os riscos que levaram ao acidente, sendo ainda possível encontrar alguns pontos específicos que requerem maior atenção para que tais falhas não ocorram, como na cimentação e na detecção de *kick*.

3.3. Proposições

Dentre as proposições, se destaca o treinamento para o reconhecimento de incertezas mais eficaz (CHENG et al., 2013; NORAZAHAR et al., 2014; READER; O’CONNOR, 2014; ROBERTS; FLIN; CLELAND, 2015; ST JOHN, 2016; PRANESH et al, 2017). Thorogood (2015) vai além, afirmando que o treinamento para controle do poço deve enfatizar a prevalência de cenários complexos associados a operações não rotineiras, reforçando a importância das habilidades não técnicas, as quais precisam se estender à cadeia de comando para que estejam disponíveis em situações de emergência, incluindo as habilidades técnicas como, gerenciamento de ameaças e erros, institucionalizando conceitos como mal-estar crônico.

Cultivar uma cultura de segurança na unidade também aparece como ponto chave (FITZGERALD; BREEN; PATRICK, 2012; CHENG et al., 2013; NORAZAHAR et al., 2014; ABRAHA; LIYANAGE, 2014) e o trabalho de Amernic e Craig (2017) reforçam a importância de se monitorar linguagem dos CEOs em uma era de corporações globais.

Com a utilização das ferramentas de processos, ST John (2016, 2017) e Tabibzadeh e Mokhtari (2018) afirmam a necessidade de implementar barreiras de FH ausentes nesse acidente, que podem ser resumidas nos seguintes grupos: Cautela, comunicação e consciência de risco; engajamento inicial versus resposta atrasada; e Treinamento de detecção de *kick* inadequado (ST JOHN, 2016). Essas barreiras também podem ser divididas em preventivas, como um programa de gerenciamento de risco robusto ou procedimentos de gestão de mudanças (MOC), e de mitigação, como resposta de poço de emergência e sistemas de alarme (TABIBZADEH; MOKHTARI, 2018).

Alguns autores colocam recomendações mais técnicas, como melhorar a tecnologia *offshore* (CHENG et al., 2013), verificar regularmente os equipamentos e procedimentos de emergência (NORAZAHAR et al., 2014), fortalecer o monitoramento da perfuração (ROBERTS; FLIN;

CLELAND, 2015) e implementar regras e regulamentos mais precisos nas interações entre as organizações envolvidas (TABIBZADEH; MESHKATI, 2015).

Dahle et al. (2012) e Reader; O’connor (2014) discutem considerar a dinâmica social nas avaliações de risco em grupo, caminhando em direção a uma responsabilidade coletiva pela segurança. Dahle et al. (2012) ainda identificam a importância do anonimato e proteção do denunciante de problemas, e Grossweiler, Costello e Graham (2013) apresentam a necessidade de ir além dos requisitos mínimos prescritivos na gestão dos riscos.

Por fim, Abraha e Liyanage (2014) propõem que a variabilidade deve ser considerada normal, tendo em vista que está se trabalhando com sistemas sociotécnicos complexos, devendo o esforço ser concentrado em verificar se há um gerenciamento de segurança que acomode essa variabilidade sem afetar a estabilidade do sistema.

As proposições sugeridas reconhecem a necessidade de se considerar cenários complexos e preparar melhor os trabalhadores para lidarem com a incerteza, capacitando-os para reconhecer riscos indo além do que é prescrito. A implementação de novas regras e de um monitoramento mais efetivo também são levantadas. Nesse ponto, uma cultura de segurança mais forte também entra em evidência, destacando o papel das lideranças nessa questão.

4. Conclusão

As análises de grandes acidentes vêm contribuindo para o avanço do conhecimento científico sobre segurança industrial. Assim, o objetivo desse artigo se concentra na investigação de análises desenvolvidas sobre o acidente da DwH com o intuito de identificar as abordagens, as causas e as proposições para melhoria na segurança, relacionadas com FH, na indústria *offshore*. Para isso, é realizada uma RSL que identifica 17 trabalhos analisando o acidente sob a perspectiva da segurança industrial.

Observa-se como o acidente de Macondo tem motivado diversos estudos na última década. Em sua maioria, os trabalhos focam no uso de ferramentas de engenharia de processos, com o objetivo de identificar os erros associados ao acidente. É perceptível também a recomendação em prol de uma cultura de segurança mais forte, apesar de ainda ser pouco explorado como isso pode ser alcançado. É válido ressaltar que, embora classificados em três fundamentações principais, para fins de organização, as fundamentações conceituais se mesclam entre si, havendo uma maior importância em evidenciar o que elas trazem de reflexão e resultados práticos.

Dentre as causas apresentadas, há um destaque para os erros organizacionais, sendo identificada uma falta de entendimento da situação pela equipe, o que é marcada como razão de uma avaliação incorreta do risco. Além disso, um treinamento inadequado na detecção de *kick* e um processo de cimentação deficiente também são relatados. Dentre essas causas, o *trade-off* entre o lado econômico e o de segurança também fica evidente.

Com relação as proposições levantadas, pode-se evidenciar a necessidade de mais treinamentos para o reconhecimento de incertezas, e a implementação de barreiras de FH. Além disso, algumas recomendações consistem em uma verificação regular de equipamentos e em fortalecer o monitoramento durante a perfuração. Além disso, a responsabilidade coletiva pela segurança também é vista como importante, devendo ir além dos requisitos mínimos.

Por fim, sugerem-se pesquisas futuras que incluam os relatórios oficiais do caso da DwH, bem como pesquisas aprofundando outros acidentes em indústrias de alto risco. Além disso, destaca-se a necessidade de explorar ações mais práticas em relação a melhora da cultura de segurança.

Agradecimentos

Apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, juntamente com o programa de Recursos Humanos ANP/FINEP.

REFERÊNCIAS

ABRAHA, H. H.; LIYANAGE, J. P. Understanding hazards and risks in modern sociotechnical systems: Systemic approach to identify human, organizational and technical factors. In: **2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**. IEEE, 2014 p.1253-1259

AMERNIC, J.; CRAIG, R. CEO speeches and safety culture: British Petroleum before the Deepwater Horizon disaster. **Critical perspectives on accounting**, v.47, p.61-80, 2017.

BP. **Deepwater Horizon Accident Investigation Report**, 2010. Disponível em:
<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/313807/000119312510216268/dex993.htm> Acesso em: 16 fev. 2021

CHENG, R.; WANG, H.; SHI, L.; GE, Y.; SUN, Z.; TIAN, H. Drilling risk management in offshore China: insights and lessons learned from the deepwater horizon incident. In: **IPTC 2013: International Petroleum Technology Conference**. European Association of Geoscientists & Engineers, 2013.

DAHLE, I.B., DYBVIG, G., ERSDAL, G., GULDBRANDSEN, T., HANSON, B.A., THARALDSEN, J.E.; WIIG, A.S. Major accidents and their consequences for risk regulation. **Taylor & Francis Group**: London, p. 33-41, 2012.

DANIELLOU, F.; SIMARD, M.; BOISSIÈRES, I. **Fatores Humanos e Organizacionais da Segurança Industrial**: um estado da arte. Traduzido do original *Facteurs Humains et Organisationnels de la Sécurité Industrielle* por Rocha, R.; Lima, F.; Duarte, F. Número 2013-07 dos Cadernos da Segurança Industrial, ICSI, Toulouse, França (ISSN 2100-3874), 2010.

DEKKER, S. **Foundations of safety science**: a century of understanding accidents and disasters. CRC Press, 2019

FITZGERALD, B.; BREEN, P.; PATRICK, J. Making the Safety Case Work - Post Macondo and Montara. In: **SPE/APPEA. International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production**, 2012.

GRANT, M. J.; BOOTH, A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. **Health information & libraries journal**, v.26, n.2, p.91-108, 2009.

GROSSWEILER, P.; COSTELLO, D.; GRAHAM, K. Post Macondo Safety and Regulatory Issues: Human Factors From an Organizational Development and Senior Management Perspective. In: **Marine Technology and Standards**, p. 88-104, 2013.

HARTIGAN, A.; THRASHER, D.; ADLAM, R. Real Time Decision Making-Incorporating Dynamic Risk Management. In: **SPE Intelligent Energy International Conference and Exhibition**, 2016.

HOLLNAGEL, E. **Safety-I and safety-II**: the past and future of safety management. Ashgate Publishing Ltd, 2014.

MEARNS, K. J. Safety Leadership and Human and Organisational Factors (HOF)—Where Do We Go from Here? In: **Human and organisational factors**: practices and strategies for a changing world, p.15-23, 2020.

MONGEON, P.; PAUL-HUS, A. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. **Scientometrics**, v.106, n.1, p.213-228, 2016.

NORAZAHAR, N.; KHAN, F.; VEITCH, B.; MACKINNON, S. Human and organizational factors assessment of the evacuation operation of BP Deepwater Horizon accident. **Safety science**, v.70, p.41-49, 2014.

PRANESH, V.; PALANICHAMY, K.; SAIDAT, O.; PETER, N. Lack of dynamic leadership skills and human failure contribution analysis to manage risk in deep water horizon oil platform. **Safety science**, v. 92, p. 85-93, 2017.

READER, T.W.; O’CONNOR, P. The Deepwater Horizon explosion: non-technical skills, safety culture, and system complexity. **Journal of Risk Research**, v. 17, n. 3, p. 405-424, 2014.

REPORT TO THE PRESIDENT. **Deep water**: the Gulf oil disaster and the future of offshore drilling. Washington DC: National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling, 2011

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.

SMITH, P.; KINCANNON, H.; LEHNERT, R.; WANG, Q.; LARRAÑAGA, M.D. Human error analysis of the Macondo well blowout. **Process Safety Progress**, v. 32, n. 2, p. 217-221, 2013.

SNYDER, H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v.104, p.333-339, 2019.

ST JOHN, M.F. Macondo and Bardolino: Two case studies of the human factors of kick detection prior to a blowout. In: **Offshore Technology Conference**, 2016.

ST. JOHN, M.F. Cognitive Bowties: A New Approach to Analyzing Human Factors in Process Control. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society**, p. 217-221, 2017.

SWUSTE, P.; GROENEWEG, J.; VAN GULIJK, C.; ZWAARD, W.; LEMKOWITZ, S.; OOSTENDORP, Y. The future of safety science. **Safety science**, v.125, p.104593, 2020.

TABIBZADEH, M., & MESHKATI, N. Safety culture in oil and gas operations: A risk analysis framework to address communication and interoperation of multiple interacting organizations. In: **SPE E&P Health, Safety, Security and Environmental Conference-Americas**, 2015.

TABIBZADEH, M.; MOKHTARI, M. An Integrated System-Oriented Methodology for the Risk Analysis of Offshore Oil and Gas Drilling Industry: AcciMap and Bow-Tie United. In: **SPE Western Regional Meeting. Society of Petroleum Engineers**, 2018.

THOMÉ, A.M.T.; SCAVARDA, L.F.; SCAVARDA, A.J. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning & Control**, v.27, n.5, p.408-420, 2016.

THOROGOOD, J.L. The Macondo inflow test decision: Implications for well control and non-technical skills training. In: **SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition**, 2015.