

Pós-Graduação

Segurança de Processos



FATORES HUMANOS: IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE FATORES QUE AFETAM A PROBABILIDADE DE ERRO

**Armando dos A. Feitais Junior, Bergson de M. Gonçalves, Elton S. C. de Moura,
Ewerton de J. Castellani e Marco A. de C. Carneiro**

RESUMO

Desde a revolução industrial, a indústria vem se desenvolvendo e aumentando sua escala de produção, desenvolvendo novos produtos e buscando melhorar sua eficiência de transformação. Entretanto, para atender esses requisitos, foi necessário aumentar a severidade de processos industriais, desenvolver e manipular substâncias mais perigosas, sendo essas usadas tanto como insumo para o processo ou geradas como subprodutos igualmente indesejáveis. Assim, controlar a energia presente nestes processos e conter, de forma segura, estes produtos por vezes tóxicos, corrosivos, asfixiantes à saúde humana ou contaminante ao meio ambiente, tornou-se imperativo para empresas, tanto pela sustentabilidade dos seus processos fabris, quanto pela força da legislação. Empresas que não dotaram seus sistemas de gestão de segurança de processo com a robustez necessária sofreram severos impactos financeiros ou desapareceram pelo desgaste público de suas marcas em função dos danos gerados. Como por exemplo, os famosos acidentes da companhia ICMESA, em Seveso, 1976 e o acidente ocorrido na Union Carbide, em Bhopal, 1984. A ocorrência desses eventos, além de causar severos danos às pessoas, meio ambiente e instalações, gera aprendizados que impulsionam o desenvolvimento de barreiras mais eficientes. Algumas barreiras associadas a implementação de novas tecnologias de produção menos agressivas, outras relacionadas às medidas protetivas e de maior confiabilidade humana e de equipamentos foram adotadas no intuito de incrementar a segurança de processos das unidades. Recentemente tem-se buscado avaliar, a partir da compreensão dos “Fatores Humanos” e sua relação com eventos acidentais, o que pode ser feito para tornar os processos mais seguros. Este estudo visa avaliar alguns eventos acidentais por meio de relatórios publicados pela ANP, verificar como vêm sendo abordados os Fatores Humanos nestas investigações e a assertividade das recomendações.

Palavras-chave: Segurança de Processo, Fatores Humanos, FPSO, Óleo & Gás.

ABSTRACT

Since the industrial revolution, the industry has been developing and increasing its production scale, developing new products and pursuing to improve its transformation efficiency. Nevertheless, in order to meet these requirements, it was necessary to increase the severity of industrial processes, develop and handle more dangerous substances, which are used either as an input for the process or generated as equally undesirable by-products. Thus, controlling the energy present in these processes and safely containing these sometimes toxic, corrosive, asphyxiating products to human health or contaminating the environment has become imperative for companies, not only for the sustainability of their processes, factories and by force of legislation. Companies that did not provide their process safety management systems with the necessary robustness, suffered severe financial impacts or disappeared due to the public wear of their brands due to the damage generated. As for example, the famous accidents of the company ICMESA in Seveso, Italy, 1976 and the accident that occurred at Union Carbide, in Bhopal, India, 1984. The occurrence of these types of events, in addition to causing severe damage to people, the environment and facilities, generate learning that drives the development of more efficient barriers. Some barriers associated with the implementation of new, less aggressive production technologies, others related to protective measures and greater reliability of equipment and human resources. This study aims to evaluate some accidental events through reports published by the ANP (National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels) and ascertain how human factors have been addressed in these investigations and the assertiveness of the recommendations.

Keywords: *Process Safety, Human Factors, FPSO, Oil & Gas.*

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A humanidade, ao longo de seu desenvolvimento, tem consumido cada vez mais energia para dar suporte ao seu processo de “desenvolvimento” e manutenção da espécie. Para suprir a demanda de energia tem-se buscado novas fontes, transformação de processos existentes em outros de maior taxa de conversão ou mesmo explorar recursos conhecidos em locais que impõem à sociedade assumir desafios tecnológicos que são associados a grandes investimentos e maior potencial de dano em caso de falha. Assim, proteger as pessoas, o meio ambiente e instalações tornou-se tão importante que novas profissões dedicaram muito estudo para desenvolver técnicas, regras e legislação para regular esta matéria.

Para aumentar o valor agregado aos seus produtos, obter taxas de conversões superiores às alcançadas anteriormente, processos mais severos foram desenvolvidos, produtos mais agressivos foram gerados como subprodutos e, em alguns casos, como insumos para novos produtos. Lidar com este novo ambiente de altos investimentos financeiros e tecnológicos, elevado potencial de causar impacto significativo ao ambiente e às pessoas, quer pela agressividade de alguns produtos, quer pela quantidade de energia acumulada em sistemas de alta pressão e temperatura, exigiu o desenvolvimento de medidas de proteção capazes de garantir mecanismos de segurança redundantes, de baixa taxa de falha e profissionais especializados em segurança de processo.

“Conforme a tecnologia de processos químicos se torna mais complexa, os engenheiros químicos passam a necessitar de um entendimento, tanto fundamental quanto detalhado, de segurança” (Crawl, Daniel A., 2015, p. 1).

Complementam as avaliações de segurança do processo, os estudos de mitigação, análise qualitativa ou quantitativa onde, através do estudo de dispersão de vapores tóxicos, inflamáveis, entre outros, verifica-se a aceitação de um determinado projeto a ser instalado, dependendo do grau de risco que este adicionará ao ambiente em que se pretende instalar. “Avanços recentes na segurança de processos químicos enfatizam o uso de ferramentas tecnológicas apropriadas, que gerem informações para a tomada de decisões de segurança com relação ao projeto e operação da planta” (Crawl, Daniel A., 2015, p. 1).

Acidentes de segurança de processo são eventos de perda de contenção não planejada ou sem controle de produtos com potencial de dano. Esses produtos podem se desdobrar em ocorrências como incêndios, explosões, vazamentos ou outro evento de característica letal associada, de natureza física ou química, pelo produto vazado.

A segurança de processo, além do aparato tecnológico, exige também comportamentos esperados como obediência aos procedimentos, respeito aos limites operacionais determinados, monitoramento regular de barreiras (camadas de proteção), controle de fontes de ignição e assertividade das manobras operacionais. Neste conjunto de ações verifica-se a atuação do elemento humano como parte do sistema de segurança. Entender como os Fatores Humanos influenciam na segurança de processo e entender como as pessoas agem de determinado modo é o caminho mais adequado para estabelecer medidas de redução ou eliminação da possibilidade de falha.

Segundo José Bruno (2020) o erro humano é normal. Aprender como o trabalho é feito e por que, na maioria das vezes, dá certo e é a melhor abordagem para ajudar as pessoas a trabalhar em segurança, ao invés de apenas consertar as coisas quando, eventualmente, algo dá errado. Tais conceitos sintetizam a "nova visão dos Fatores Humanos".

Todavia, acidentes não têm causa única. Ocorrem quando há um alinhamento de condições desfavoráveis. Para Toft e Dell (2012), as abordagens sequenciais assumem que os acidentes são um resultado de uma série de eventos ou circunstância que agem entre si. Avaliar o acidente com um olhar mais abrangente, ou seja, considerando os fatores humanos, pode favorecer a identificação dos verdadeiros fatores causais e, na sequência, reduzir a probabilidade de recorrência.

1.2. SITUAÇÃO-PROBLEMA

A indústria *offshore* nacional tem se desenvolvido de maneira bem mais acentuada nas últimas décadas, em especial após a descoberta do Pré-Sal. Desde 2020 a produção do pré-sal é superior à do Pós-Sal. Vários FPSO - Unidade Flutuante de Produção, Armazenamento e Descarga (do inglês *Floating, Production, Storage and Offloading*) foram postos em operação, aumentando a quantidade de trabalhadores nesta condição de embarcados. Adicionalmente, a realização de atividades de alta complexidade que demandam níveis de atenção elevados, como o manuseio de equipamentos complexos, além de tarefas que demandam respostas rápidas, podem colocar esse trabalhador em

condição de maior tensão e favorecer a falha. Assim, entender e tratar os modos de falha dos trabalhos torna-se muito importante. A não identificação dos Fatores Humanos que possam ter contribuído para um acidente pode favorecer a recorrência do evento ou, ainda, levar a uma falsa sensação de segurança e não estabelecimento de medidas de bloqueio eficazes e seus controles.

A Agência Nacional de Petróleo (ANP), através da instituição do Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO E&P) (Resolução ANP nº 43, de 06 de dezembro de 2007) introduziu a abordagem dos Fatores Humanos na indústria de Óleo e Gás. Posteriormente, a ANP emitiu o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional para Refinarias de Petróleo (SGSO Refino) definindo os Fatores Humanos como fatores ambientais, organizacionais, profissionais e características humanas e individuais que influenciam o comportamento no local de trabalho, podendo afetar a segurança (Resolução ANP nº 5, de 29 de janeiro de 2014). Ainda de acordo com a ANP, no Regime de Segurança Operacional para Integridade de Poços (SGIP), Fatores Humanos são aspectos que contribuem com a relação interativa do homem com determinado ambiente que o cerca e que são determinantes na dinâmica, eficiência e eficácia de suas atividades (Resolução ANP nº 46, de 1º de novembro de 2016).

Entender como se dá a interação do conjunto homem-equipamento-sistema organizacional em cada cenário, perceber suas fragilidades, robustecer as medidas de bloqueio de cada sistema considerando, também, os denominados “Fatores Humanos”, e promover a incorporação destes conceitos à gestão de segurança de processo, passa a ser o desafio da indústria neste novo milênio. Entende-se que esta incorporação não deve ser realizada de forma isolada, mas sim de forma estruturada e sistêmica, via Sistema de Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) (Theobald, R., & Lima, G. B. A., 2009, p. 50-64).

Diante da complexidade relacional que o trabalhador se encontra inserido, quando algum evento indesejado ocorre, a equipe envolvida na sistemática de investigação por vezes aponta como uma de suas causas a falha humana. Apoiando-se superficialmente no comportamento do trabalhador e na busca do que ele “fez de errado”, desviando o foco do cenário e fatos que podem ser conectados à ocorrência do evento, assim como do ato de estabelecer uma linha de investigação a partir da visão do trabalhador. Este desvio tomado pode posicionar o trabalho de investigação distante da real causa raiz. França (2020) afirma que é nestas diferenças que podem surgir interpretações inadequadas ou

entendimentos míopes: a solução para um trabalhador, ou grupo de trabalhadores, pode não ser idêntica, mesmo envolvendo o mesmo local de trabalho, na mesma empresa.

Embora os estudos sobre Fatores Humanos não sejam uma novidade, a compreensão sobre esses ainda não está bem capitalizada no ambiente fabril e mesmo em entidades responsáveis pela regulação da atividade, o tema é abordado de forma superficial, justificando a proposição deste estudo.

1.3. OBJETIVO GERAL

A proposta deste estudo é analisar, a partir do relatório de investigação de alguns acidentes ocorridos no ambiente *offshore*, como os Fatores Humanos foram abordados nos processos de investigação, visando identificar como podem ter contribuído positiva ou negativamente para a segurança de processo.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

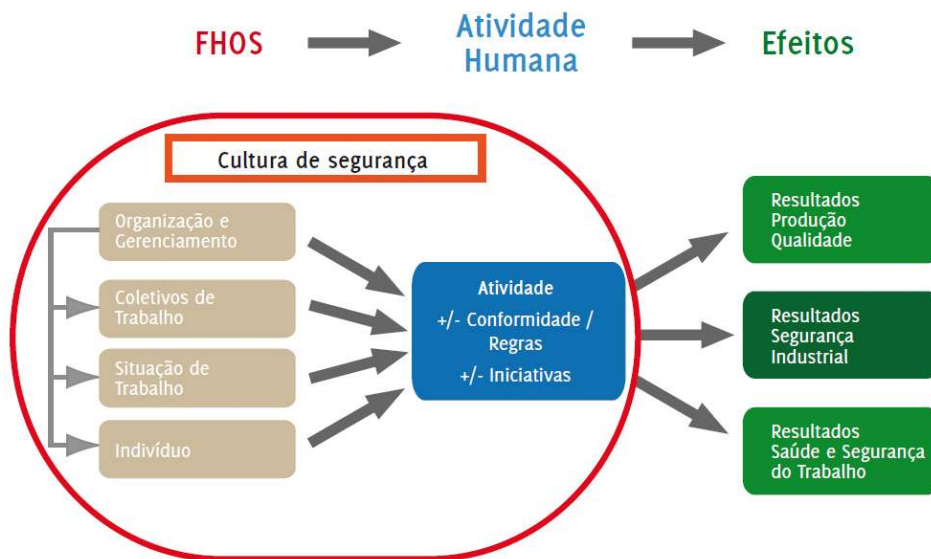
- 1) Analisar, a partir dos relatórios, e tendo como referência o método utilizado pela organização *Step Change in Safety*, no estudo “Fatores Humanos: como tomar os primeiros passos” (do inglês *Human Factors: How To Take The First Steps*), se há algum ponto de recomendação a ser desdobrado com maior relevância em futuras investigações;
- 2) Identificar evidências de investigações de acidentes ocorridos no ambiente *offshore* por meio da abordagem de fatores humanos;
- 3) Evidenciar possível contribuição, positiva ou negativa, da investigação de acidentes por meio dessa abordagem para a segurança de processo;
- 4) Determinar os fatores causais apontados nos relatórios;
- 5) Sintetizar e expor possíveis lições aprendidas apresentadas pelos relatórios analisados.

2. DESENVOLVIMENTO

Para Daniellou, Simard e Boissières (2010, p.2) a abordagem Fatores Humanos e Organizacionais da Segurança industrial (FHOS) consiste em identificar e implementar as condições que favorecem uma contribuição positiva dos operadores e dos coletivos de

trabalho na construção da segurança industrial. Nessa linha, entendem que os conhecimentos propostos pela abordagem FHOS (Figura 1) permitem não apenas compreender melhor o que condiciona a atividade humana, como também agir sobre a concepção das situações de trabalho e da organização com vista a reunir as condições para uma atividade segura, culminando numa melhora nos resultados, no que se relaciona à qualidade da produção ou da segurança do trabalho (taxas de frequência e de importância).

Figura 1 – O campo dos FHOS



FONTE: Daniellou, Simard e Boissières (2010, p.2)

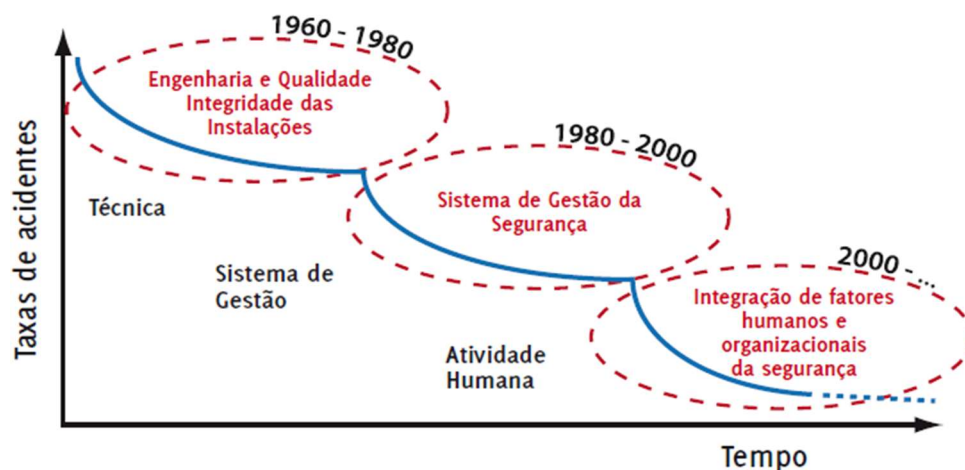
Para Theobald & Lima (2005, p.7), é consenso, entre os especialistas, que as falhas humanas representam importante parcela das causas raízes identificadas nas investigações dos acidentes. Qualquer sistema produtivo, por mais simples ou complexo, manual ou automatizado, será sempre em maior ou menor grau, projetado, operado e mantido por seres humanos. Além disso, independente do seu grau de complexidade e automação, estará sempre inserido em um sistema maior, gerenciado por seres humanos e, portanto, sujeitos às falhas humanas.

O esforço pelo desenvolvimento econômico direcionou a indústria a investir em tecnologias que aperfeiçoassem seus ciclos produtivos, no entanto, a história nos mostra que a preocupação com as políticas de segurança só passou a ganhar os holofotes após a ocorrência de grandes acidentes como o de Seveso, na Itália (1976) ou Bhopal, na Índia (1984), que levaram a grandes perdas, atingindo pessoas, meio ambiente e instalações,

comprometendo a imagem e credibilidade de grandes companhias. A solução foi o investimento em estudos mais profundos sobre potenciais fatores desencadeadores de anomalias que pudessem levar à ocorrência de incidentes, e o desencadeamento de ações preventivas, nem sempre efetivas, além da criação de legislações específicas para regulamentar as atividades industriais.

Para Daniellou, Simard e Boissières (2010, p.3) essas ações técnicas e de organização possibilitaram, em certos setores, uma diminuição contínua de acidentes ligados ao processo. Mas, em muitas empresas, essa melhora marca um patamar, e o reforço dos formalismos não leva a uma diminuição das falhas.

Figura 2 – Abordagens sucessivas da segurança industrial



FONTE: Daniellou, Simard e Boissières (2010, p.3)

Os autores atribuem os limites de resultados obtidos pelo formalismo à atenção demasiada aplicada aos formalismos descendentes (Figura 2) destinados a determinar condições padronizadas para alcançar um patamar de segurança elevado na cadeia produtiva, à responsabilização dos comportamentos dos operadores como fatores contribuintes, sem a devida consideração das questões organizacionais e de gestão das empresas e à pouca observação das condições de trabalho verdadeiramente encontradas pelos operadores. Sobre essa última atribuição, pesam questionamentos sobre o volume de prescrições escritas aceitáveis para os operadores, a apropriação de regras pelos operadores, quais são as dificuldades para respeitá-las e custos humanos suplementares gerados, ajustamentos para o funcionamento, as ligações entre as regras prescritas e as regras dos ofícios ou profissões, as contradições entre as diferentes regras ou outras exigências de produção ou características da situação de trabalho, situações em que as

regras não são aplicáveis, favorecimentos ou impedimentos de iniciativas pelas regras, foro no qual as contradições das regras podem ser abordadas e o papel da gestão no trabalho relacionado às regras.

Em uma análise mais detalhada, o formalismo delimita-se ao ponto em que as regras deixam de atender situações imprevistas.

A resiliência de um sistema é a sua capacidade de antecipar, de detectar precocemente e de responder adequadamente a variações do funcionamento do sistema no que diz respeito às condições de referência, visando minimizar seus efeitos sobre a estabilidade dinâmica. (Daniellou, Simard e Boissières, 2010, p.4).

No que tange à segurança sistêmica, pontuam que essa resistência depende, basicamente, da segurança normatizada, atuando em previsões de falhas e defeitos indicadas pelos formalismos e outros elementos que assegurem o respeito às regras, e da segurança em ação, que é baseada nos conhecimentos e na experiência humana, mais voltada às observações da realidade das situações, viabilizando uma articulação entre diferentes tipos de conhecimentos. Assim, está relacionada à capacidade de antecipar, perceber e responder às disfuncionalidades não previstas pela organização.

Figura 3 – Os componentes da Segurança



FONTE: Daniellou, Simard e Boissières (2010, p.4)

Ainda de acordo com Daniellou, Simard e Boissières (2010, p.4), ater-se de forma intensa à formalização de respostas às situações previsíveis pode levar à ineficiência nas respostas a situações imprevistas. As organizações que adotam políticas de segurança exclusivamente voltadas ao formalismo prescritivo podem comprometer sua resiliência diante de novas situações.

Para a HSE - *Health and Safety Executive* (2005, p.4) os Fatores Humanos têm um escopo muito amplo nos trabalhos sobre riscos graves, muitas vezes referido como "o fio" que permeia o sistema de gestão da segurança, a organização de segurança e a cultura de um local de trabalho.

Ainda de acordo com a HSE (2005, p.5), estudos mostraram que até 90% dos acidentes são devido a falhas humanas até certo ponto, e ilustra como falhas de funcionários em vários níveis da organização podem contribuir para um desastre grave. Para muitos desses acidentes graves, a falha humana não foi a única causa, mas sim, uma entre uma série de causas, incluindo falhas técnicas e organizacionais, que levaram ao resultado final. Deve-se notar, também, que a prevenção de acidentes graves depende, em grande parte, da confiabilidade humana em todos os locais de trabalho com regulamentações sobre controle de riscos de acidentes graves (COMAH – *Control of Major Accident Hazards*), independentemente de seu grau de automação.

Alguns relatórios de investigação de acidentes identificam erros de execução cometidos por pessoas bem treinadas e com intenção de fazer a operação correta, mas ainda assim cometem erros. Seguindo a receita “padronizada” algumas empresas seguindo seus procedimentos, diretrizes de conduta, aplicam penalidades; recomendam treinamento de reciclagem ou ambas as ações. Contudo, é preciso identificar se existe um ou mais fatores que tenha contribuído para ocorrência de falhas e, na sequência, eliminar este fator que pode influenciar o humano a erro de julgamento ou execução, pois quando estes fatores não são tratados adequadamente, a possibilidade de recorrência da falha não é eliminada, podendo voltar a ocorrer com o mesmo operador ou com outro. Para Kletz (1993, p.54), podemos ter duas atitudes: aceitar as falhas ocasionais ou mudar as condições de trabalho de forma a tornar os erros mais improváveis.

2.1.METODOLOGIA

O estudo realizado teve seu foco voltado à indústria nacional de Óleo & Gás *offshore*, e é classificada conforme descritivo abaixo:

- a) Quanto aos objetivos, o estudo pode ser classificado como pesquisa normativa, uma vez que busca estratégias e ações para aperfeiçoar os resultados disponíveis na literatura existente e encontrar uma solução ótima para novas definições de problemas (GIL, 2006);

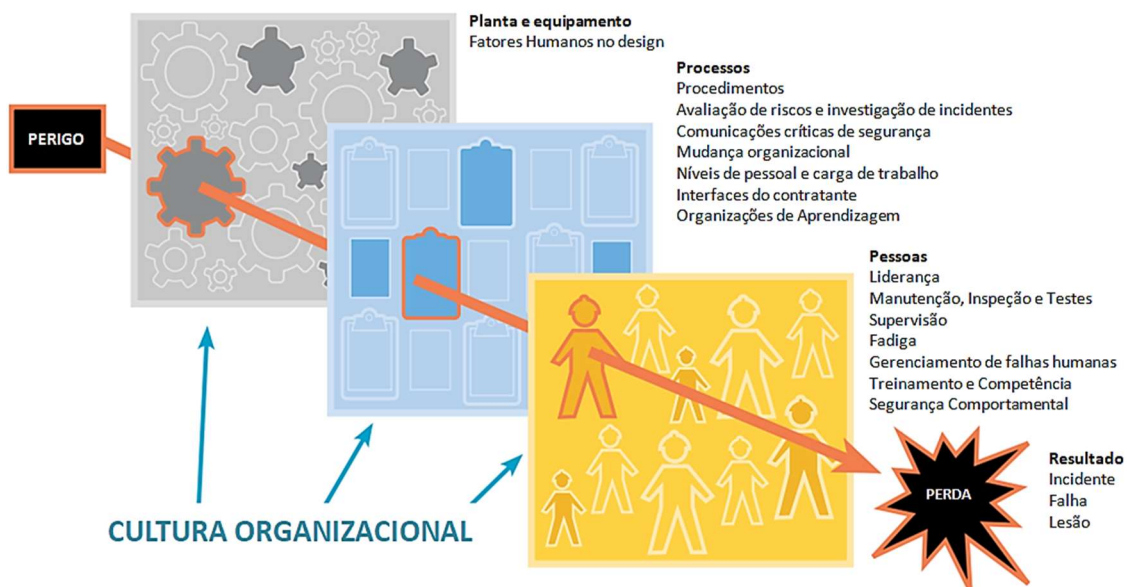
A pesquisa é um procedimento formal com uma metodologia que leva ao pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais. (Marconi e Lakatos, 2011, p.43)

- b) Do ponto de vista da sua natureza, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais (GIL, 2006);
- c) Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, pode ser classificada como Pesquisa Bibliográfica, pois utiliza material já publicado. Sua principal vantagem é possibilitar ao investigador a cobertura de uma gama de acontecimentos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. (GIL, 2006).

Para a organização *Step Change in Safety*, Fatores Humanos abrangem uma ampla gama de tópicos que podem ser agrupados em três títulos principais: planta e equipamentos, processos e pessoas (*Step Change in Safety – “Human Factors: How to take the first steps”, p.4*).

Adotando-se o modelo de causalidade de acidentes conhecida como “queijo suíço”, proposto por James Reason, para explicar a ocorrência de falhas do sistema, os três elementos apresentados acima podem ser considerados como barreiras. A presença de uma ou mais dessas barreiras poderá impedir a ocorrência de acidentes. A eficácia de todos os elementos pode ser influenciada por uma série de “fatores humanos” que, se desconsiderados, poderão ser abertas lacunas, aumentando assim as chances de um acidente. Para minimizar o impacto dos fatores humanos, deverão ser eliminados os riscos por meio de uma engenharia assertiva, processos e procedimentos claros e eficazes, para só então confiar no indivíduo (Figura 4).

Figura 4 – Modelo de causalidade de acidentes – “queijo suíço”



FONTE: “*Human Factors: how to take the first steps*”, p.4.

Ainda de acordo com a *Step Change in Safety* a cultura de segurança de uma organização são os valores e as atitudes coletivas de seus funcionários em relação à segurança (*Step Change in Safety – “Human Factors: how to take the first steps”*, p.4). É frequentemente descrita como "a maneira como fazemos as coisas por aqui". A cultura organizacional influencia o desempenho e o comportamento humanos no trabalho, e se um comportamento humano é julgado como bom ou ruim. Ele terá uma influência importante sobre a eficácia das barreiras e sua vulnerabilidade às questões de fatores humanos. Também determinará a abordagem de uma organização para aprender lições com acidentes do passado.

Na mesma publicação, aborda os Fatores Humanos mais estreitamente associados com a indústria de Petróleo e Gás como sendo Planta e Equipamentos, Processos e Pessoas, bem como os subfatores associados (*Step Change in Safety – “Human Factors: how to take the first steps”*, p.5), conforme detalhado abaixo, e que nortearão as análises realizadas neste trabalho.

I. Planta e equipamentos

A planta e os equipamentos devem ser projetados, localizados e modificados para reduzir erros durante o uso, manutenção, inspeção e testes. Os efeitos do ambiente em

que a planta e os equipamentos são operados também devem ser considerados. O design deve considerar situações de emergência quando erros são mais prováveis.

Fatores Humanos no design

O design de salas de controle, sistemas de alarme, plantas e equipamentos pode ter um enorme impacto no desempenho humano. O ambiente de trabalho (iluminação, conforto térmico, espaço de trabalho, ruído e vibração) também impacta o desempenho humano de maneiras inesperadas. Projetar tarefas, equipamentos, processos e o ambiente de trabalho para se adequar ao usuário podem reduzir erros humanos, acidentes e problemas de saúde.

II. Processos

Os procedimentos devem ser claros e práticos. A avaliação de riscos e as investigações de incidentes devem considerar Fatores Humanos. As comunicações críticas de segurança devem ser claras, inequívocas e compreendidas por todos os envolvidos. As organizações devem gerenciar as mudanças. Os níveis de pessoal e as cargas de trabalho não devem comprometer a segurança.

Procedimentos

Os procedimentos incluem instruções de método, instruções de trabalho, licenças para trabalhar, etc. Procedimentos incompletos, incorretos, incertos ou desatualizados podem levar a atalhos e erros. Os procedimentos devem ser gerenciados e utilizar um formato, estilo e nível de detalhes adequados ao usuário, tarefa e consequências da falha.

Avaliação de riscos e investigação de incidentes

As avaliações de risco precisam reconhecer os limites do que os seres humanos podem ou não fazer e considerar o impacto do trabalho, fatores pessoais e organizacionais ao decidir sobre as medidas de controle. Investigações de incidentes precisam ser aprofundadas para estabelecer as condições que permitiram que falhas humanas

ocorressem. A investigação precisa levar em conta todos os aspectos dos Fatores Humanos que podem ter contribuído para o incidente.

Comunicações críticas de segurança

A comunicação bidirecional frequente e clara (falada e escrita) é essencial para a segurança em qualquer tarefa. O método de comunicação, linguagem, tempo e conteúdo são fatores importantes na comunicação eficaz. Verificar a compreensão também é fundamental.

Mudança organizacional

A mudança organizacional abrange uma série de questões, por exemplo, níveis de pessoal, uso de empreiteiros ou terceirização, combinação de departamentos, mudanças de funções e responsabilidades, etc. Semelhante à mudança de planta ou processo, a mudança organizacional pode ter efeitos diretos e indiretos no controle de riscos. Mudanças organizacionais precisam ser planejadas e avaliadas.

Níveis de pessoal e carga de trabalho

Mudanças nos níveis de pessoal e aumento/diminuição da carga de trabalho ocorrem frequentemente como parte da mudança organizacional. É importante considerar o impacto dessa mudança no controle de riscos.

Interfaces do contratante

Os contratantes (incluindo fornecedores e terceiros) enfrentam os mesmos problemas de Fatores Humanos que seus clientes. Algumas dessas questões são críticas na interface cliente-contratante, por exemplo, comunicação, supervisão, cultura organizacional, competência.

Organizações de Aprendizagem

Uma organização de aprendizagem valoriza e incentiva o aprendizado com experiências próprias e de outras organizações. O aprendizado está ligado à "memória corporativa", que deve suportar mudanças organizacionais. As organizações de aprendizagem são caracterizadas pela "vigilância constante" e buscam más notícias, bem como boas. Entender Fatores Humanos pode transformar o aprendizado organizacional em soluções preventivas.

III. Pessoas

As pessoas precisam do treinamento e competência certos, juntamente com o nível certo de supervisão. Uma forte liderança de segurança deve sustentar tudo. O erro humano e sua gestão devem ser entendidos juntamente com fatores influenciadores como a fadiga. Boas práticas de trabalho devem ser reforçadas. Más práticas devem ser identificadas, compreendidas e depois alteradas.

Liderança

A definição de expectativas, liderando pelo exemplo e tomada de decisão que leva em consideração a segurança é essencial para criar uma forte cultura de segurança. Isso significa assumir a responsabilidade pessoal pela segurança.

Manutenção, Inspeção e Testes

A manutenção depende muito da atividade humana. As ações e decisões do pessoal de manutenção não devem deixar equipamentos ou sistemas em estado inseguro. Mesmo técnicos experientes, altamente treinados e bem motivados podem cometer erros simples que podem causar um incidente. O erro humano na manutenção é em grande parte previsível e, portanto, pode ser identificado e gerenciado.

Supervisão

A supervisão eficaz tem um impacto positivo significativo em uma série de Fatores Humanos, como conformidade com procedimentos, treinamento e competência,

comunicação crítica de segurança, níveis de pessoal e carga de trabalho, fadiga e avaliação de riscos.

Fadiga

A fadiga refere-se às questões que surgem do tempo de trabalho excessivo ou padrões de mudança mal projetados. Pode levar a erros, tempos de reação mais lentos e capacidade reduzida de processar informações, lapsos de memória, falta de espírito e perda de atenção.

Gerenciamento de falhas humanas

Este tópico é sobre prever como as pessoas podem falhar através de erros ou comportamentos intencionais. Se você está confiando nas pessoas para evitar um acidente grave, o que aconteceria se elas perdessem um passo em um procedimento? O que aconteceria se errassem um alarme ou apertassem o botão errado? Se as consequências são sérias, então é algo que você deve gerenciar.

Treinamento e Competência

O treinamento dá às pessoas novos conhecimentos e habilidades, mas as pessoas precisam aplicá-las e praticá-las para se tornarem competentes. O treinamento e a competência podem reduzir os erros causados pela falta de conhecimento e ensinar comportamentos às pessoas que as manterão seguras. Mas isso não é uma salvaguarda universal. Mesmo os indivíduos mais experientes e competentes podem cometer erros.

Segurança Comportamental

A segurança comportamental é uma abordagem que tenta promover comportamentos seguros e eliminar comportamentos inseguros. Os programas de segurança comportamental normalmente envolvem a observação das práticas de trabalho acompanhadas pelo *feedback* individual e reforço de boas práticas.

Para esse estudo serão realizadas análises de três acidentes ocorridos no Brasil. Como critério de seleção foi utilizada a lista dos 100 acidentes com as 100 maiores perdas

financeiras e, dentre eles, foram escolhidos dois posicionados entre os 15 maiores; o terceiro foi escolhido por estar relacionado ao grande potencial de dano ambiental por perda de contenção (Quadro 1). São eles a P-36, FPSO Cidade de São Mateus e o FPSO Cidade do Rio de Janeiro.

Quadro 1

	Data	Evento	Localização	País	Dano ao patrimônio US\$M - 2019
1º	07/1988	Explosão, incêndio	Piper Alpha, Mar do Norte	UK	2.088
6º	03/2001	Explosão	P-36 Campo de Roncador, Bacia de Campos	Brasil	905
15º	02/2015	Explosão	FPSO C. São Mateus - Campo de Camarupim	Brasil	304
--	01/2019	Vazamento	FPSO C. Rio de Janeiro - Campo de Espaldarte	Brasil	> 0,050 só em contingências (U\$50k)

FONTES: Marsh, 100 *Largest Losses in the Hydrocarbon Industry*, 26.ed. / Relatório de Investigação do Acidente na FPSO Cidade do Rio de Janeiro, nov. de 2020

3. ANÁLISE E RESULTADOS

Para entender a realidade apresentada nos relatórios fez-se necessária uma leitura complementar sobre o funcionamento de uma plataforma de produção de petróleo. Nos eventos selecionados para o estudo de caso são apresentados uma plataforma de produção semissubmersível e dois FPSO. Abaixo segue uma breve descrição sobre essas unidades.

A P-36 é uma plataforma de produção de Petróleo do tipo semissubmersível. Esse tipo de plataforma produz e processa o óleo e gás, mas sem acumulação de petróleo cru.

As FPSO Cidade de São Mateus e Cidade do Rio de Janeiro são embarcações que se assemelham a um navio. Possuem como função produzir, processar, armazenar e transferir a produção para outras embarcações, chamadas de navios aliviadores.

Uma planta típica de produção de petróleo é composta de alguns subprocessos que, isoladamente ou em sequência com outros subprocessos, tornam possível a operação da plataforma. Assim, de modo resumido, seguem listados alguns dos principais sistemas de uma plataforma e suas funções:

- Sistema de ancoragem: manter a plataforma em uma determinada posição;

- Sistema de lastro: estabilizar a plataforma em função da variação do volume de óleo acumulado, por exemplo;
- Sistema de turbo geração: gerar suprimento de energia para toda a plataforma;
- Sistema elétrico, instrumentação e supervisor: transformar e distribuir cargas elétricas na plataforma, prover os canais de entrada e saída de variáveis de processo e processamento de algoritmos de controle;
- Sistema de produtos químicos: promover injeção de anticorrosivos, anticongelantes, entre outros;
- Sistemas de óleo e gás: empreender recebimento, separação de água e óleo, tratamento de óleo e medição, entre outros;
- Sistema de tratamento e injeção de água: tratar a água gerada no processo e reinjetar nos poços;
- Unidade de tratamento de gás: remover contaminantes do gás;
- Sistema de compressão: reinjetar gás no poço (CO₂), gerar gás combustível e exportar gás natural;
- Sistemas auxiliares: produzir gás inerte, dessalinizar a água;
- Sistemas de tocha: permitir queima de gases indesejáveis para garantir a segurança e continuidade operacional;
- Praça de Máquinas: reunir um conjunto de sistemas auxiliares, como armazenamento de diesel para partidas iniciais e retorno à operação, tratamento de efluentes, armazenamento de água potável, salas elétricas, praça de bombas;
- Sistemas de salvação: promover a preservação da integridade de embarcações da unidade e evacuação de emergência.

Baseado nesses conceitos, questionamentos e observações, foram realizadas avaliações dos relatórios de acidentes emitidos pela ANP sobre os acidentes ocorridos nos FPSO Cidade de São Mateus e Cidade do Rio de Janeiro e na plataforma semissubmersível P-36, onde foi adotada a sistemática proposta pela *Step Change in Safety*, realizando-se análises de acidentes reais sob a ótica dos fatores humanos presentes na raiz das causas desses eventos e como gerenciá-los, considerando-se aspectos sobre plantas e equipamentos, processos e pessoas. No entanto, os resultados não são exauridos e outras causas e soluções poderão ser encontradas.

As análises procuram identificar, entender e evidenciar o que as pessoas fizeram intencionalmente, o que as motivou a adotar determinado comportamento, o que foi feito involuntariamente, quais motivos condicionaram ao erro e quais barreiras poderiam ajudar a prevenir o incidente.

3.1. ACIDENTE NA PLATAFORMA P-36

Acidente: Explosão na Plataforma P-36

Local: Campo de Roncador, Bacia de Campos.

Acidente ocorrido em: 15/03/2001

Relatório final lançado em: julho/2001

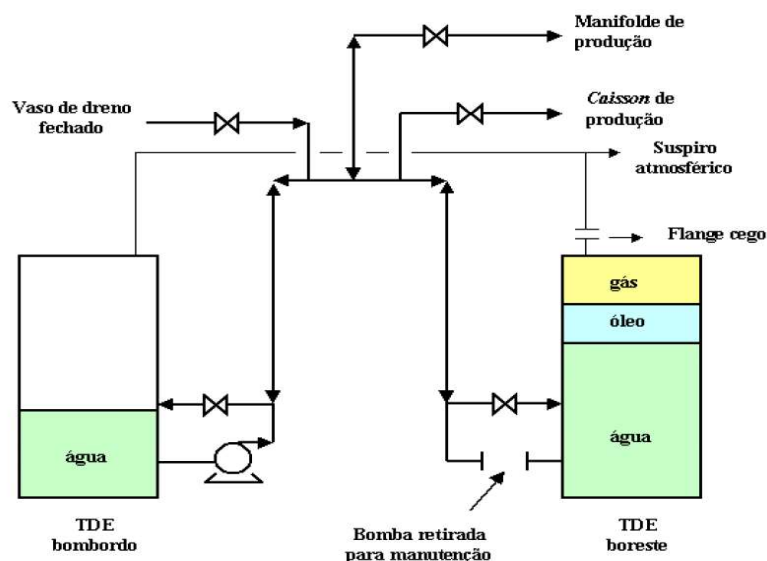
Tipo de acidente: produção de petróleo e gás - incêndio e explosão

O que aconteceu?

Conforme Relatório do Acidente elaborado pela comissão conjunta de investigação composta por representantes da Agência Nacional de Petróleo (ANP) e a Diretoria de Portos e Costas (DPC) do Comando da Marinha do Brasil, a sequência de eventos teve seu início no dia 14 de março de 2001, às 22h21, com o esgotamento do tanque de drenagem de emergência (TDE) da popa bombordo e a preparação para a inspeção da caixa de estabilidade. A água com resíduos oleosos presentes no tanque mencionado seria bombeada para o *manifold (header)* de produção da plataforma, que recebe o fluxo de petróleo e gás natural proveniente dos poços produtores. Assim, a água com resíduos oleosos juntamente com a produção de hidrocarbonetos, escoaria para a planta de processo. Contudo, ocorreu um fluxo reverso de óleo e gás ocasionando a entrada de tais substâncias no outro TDE (tanque de popa boreste), já que sua válvula de admissão oferecia passagem.

No dia 15 de março de 2001, à 00h22, percebeu-se um grande tremor na plataforma, devido ao rompimento mecânico do TDE de boreste, quando este atingiu a pressão de ruptura. Essa avaria liberou óleo, gás e água do tanque para o interior da coluna, além de provocar a ruptura da tubulação de 18 polegadas de captação de água do mar que passava junto ao tanque, dando início ao alagamento da coluna. Em decorrência desses e de outros danos, o anel de incêndio foi despressurizado e a planta de processo entrou, automaticamente, em parada de emergência.

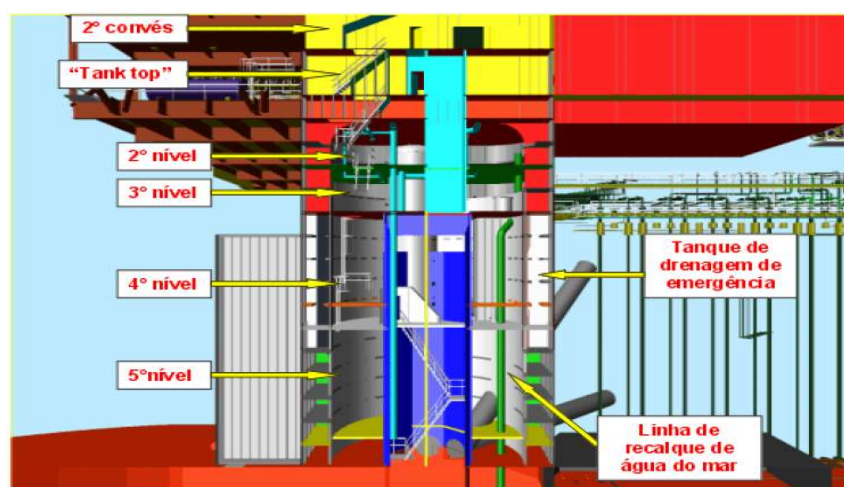
Figura 5 – Fluxograma de Processo dos TDEs na Ocasão da Primeira Explosão



FONTE: Relatório de investigação de acidente da ANP/DPC – Anexo 4b; p. 24.

O gás liberado do tanque atingiu a área interna do convés do *top tank* do convés principal, ativando os sensores de gás. Cerca de 17 minutos depois do rompimento do tanque da popa boreste, à 00h39, ocorreu a segunda explosão (de grande intensidade), provocada por ignição do gás liberado da coluna, que atingiu as áreas do convés do *top tank* no segundo convés. Esse evento resultou na morte de 11 membros da brigada de emergência e em grande destruição na área situada acima da coluna da popa boreste. As ações para recuperar a estabilidade da plataforma não tiveram êxito e a P-36 submergiu totalmente em 20 de março. (Fonte: Relatório de investigação da ANP/DPC – jul/2021).

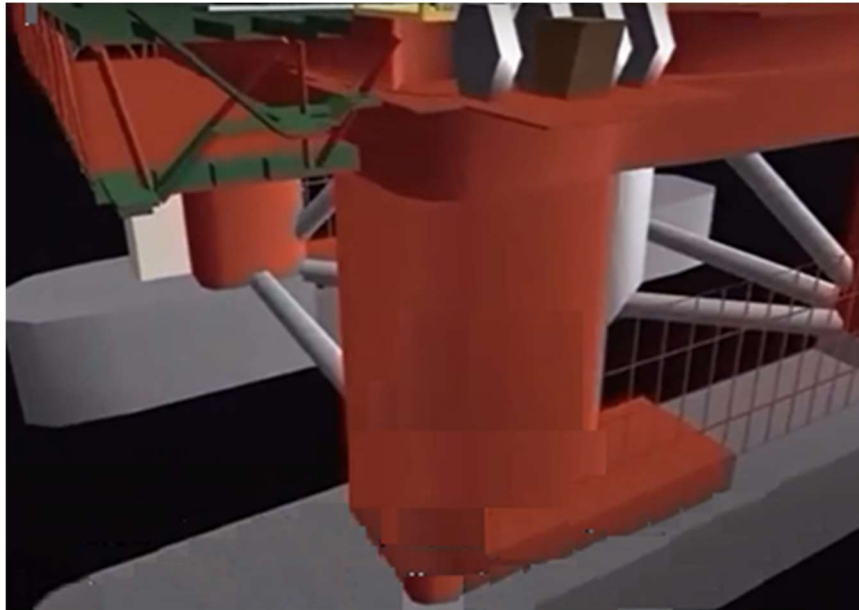
Figura 6 – Coluna de popa boreste



FONTE: Relatório de investigação de acidente da ANP/DPC – Anexo 6; p. 26.

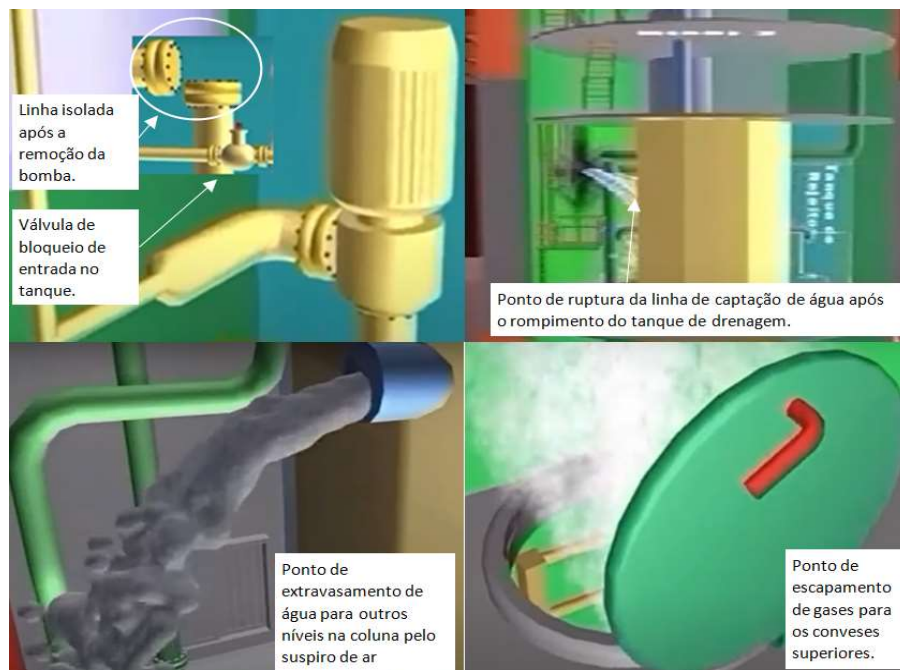
A Figura 7 e a Figura 8 apresentam uma sequência de imagens extraídas do vídeo “Acidente da P-36 - Explosão e Naufrágio”, editado pela Petrobras para explicar a sequência de eventos que levaram ao afundamento da plataforma.

Figura 7 – Coluna de popa boreste



FONTE: Recorte de imagem do filme “Acidente da P-36 - Explosão e Naufrágio”.

Figura 8 – Coluna de popa boreste – partes internas



FONTE: Recorte de imagem do filme “Acidente da P-36 - Explosão e Naufrágio”.

Quais barreiras falharam?

Foi apontado pela Comissão de Investigação que a operação de esgotamento do tanque de drenagem de emergência da coluna de popa bombordo estava diretamente relacionada com as explosões ocorridas e que o armazenamento de grande quantidade de água contaminada nos tanques de drenagem de emergência (TDE) contrariou o Manual de Operações da Planta de Processo da Plataforma (*Operating Manual – Process* – ET 3010.38-1200-941-AMK-924 e DE-3010.38-5336-943-AMK-033).

O relatório da investigação aponta, basicamente, não conformidades relacionadas a procedimentos, não evidenciando a influência dos fatores humanos nos eventos que culminaram no acidente. São elas: não conformidades relativas a procedimentos regulamentares de operação, manutenção, processos, projeto, de resposta à emergências e procedimentos operacionais de controle de estabilidade em avaria.

De acordo com a classificação proposta nesse trabalho, podemos categorizar as não conformidades da seguinte forma:

- **Planta e equipamentos**

Fatores Humanos no design

- ✓ Vulnerabilidade do esquema de ligação dos tanques de drenagem de emergência com o *manifold* de produção por não apresentar nenhuma proteção adicional ou redundância no caso de falha simples de uma das válvulas de admissão dos tanques;
- ✓ As áreas do terceiro e quarto nível não foram classificadas como zona de risco, conforme demonstrado nos desenhos de engenharia DE-3010.38-5400-947-AMK-120 Rev B e DE-3010.38-1200-200-AMK-008 Rev F. O gás liberado após o rompimento não foi imediatamente detectado no compartimento do tanque. Pela mesma razão, os hidrocarbonetos não foram contidos nessa área por não haver dispositivos adequados de contenção e equipamentos à prova de explosão;
- ✓ A utilização do sistema “*fail set*” para a válvula da caixa de mar impediu que o operador atuasse no sentido de modificar o estado de falha apresentado, pois não havia permissão pelo sistema que viabilizasse essa ação.

- **Processos**

Procedimentos

- ✓ Armazenamento de grande quantidade de água contaminada nos tanques de drenagem de emergência durante parte considerável do período em que a plataforma esteve em produção, contrariando o Manual de Operações da Planta de Processo da Plataforma (*Operating Manual – Process* – ET 3010.38-1200-941-AMK-924 e DE-3010.38-5336-943-AMK-033);
- ✓ Retirar a água do tanque via manifold de produção, contrariando requisitos operacionais prescritos no Manual de Operações da Planta de Processo da Plataforma (ET 3010.38-1200-941-AMK-924);
- ✓ Dificuldades operacionais para dar partida na bomba de esgotamento, o que só veio a ocorrer 54 minutos após o início da operação. Durante esse período ocorreu fluxo reverso de hidrocarbonetos para as linhas de escoamento dos tanques de drenagem de emergência, pressurizando o tanque de boreste, pois a água bombeada se dirigiu para este equipamento;
- ✓ Elipses de acesso ao tanque de lastro de popa boreste e à caixa de estabilidade contígua mantidas abertas por tempo além do necessário à realização de inspeção e reparo, alterando a compartimentagem da plataforma considerada nos estudos de estabilidade intacta e em avaria, contrariando os procedimentos do Manual de Operação – Item Casco e Estrutura – Estanqueidade à água;
- ✓ Tanque de lastro e caixa de estabilidade foram mantidos abertos, em desacordo com o Manual de Operação (MA-3010.38-1320-915-NBD-909-01) – Item de Estabilidade em Avaria, constituindo causa determinante para o naufrágio.
- ✓ Isolamento da linha de suspiro do tanque sem que sua linha de admissão fosse isolada.

Comunicações críticas de segurança

- ✓ Sistema de comunicação e coordenação deficientes entre a equipe de resposta à emergência e o comando da plataforma.

- **Pessoas**

Liderança

- ✓ Operação realizada sem a supervisão do Coordenador da Plataforma ou do Supervisor de Produção (não foi possível constatar se a válvula na linha do manifold de produção que, conforme depoimentos, exigia senha para sua abertura controlada, fora aberta com autorização do Coordenador da Plataforma).

Manutenção, Inspeção e Testes

- ✓ Falha mecânica ou fechamento incompleto da válvula de admissão do tanque de boreste;
- ✓ Existência de duas bombas de recalque de água salgada fora de operação por problemas de manutenção.

Supervisão

- ✓ As informações sobre as sondagens volumétricas dos tanques de drenagem de emergência, contidas no Livro de Registro de Lastro, demonstram que havia freqüente movimentação de água contaminada com resíduos oleosos nesses tanques.

Treinamento e Competência

- ✓ Ineficácia das ações para conter o alagamento na coluna avariada, efetuar o seu desalagamento, ou promover a movimentação de água de lastro entre colunas não avariadas;
- ✓ Erros sistemáticos na sondagem volumétrica manual dos tanques de drenagem de emergência;
- ✓ Dificuldades operacionais para dar partida na bomba de esgotamento, o que só veio a ocorrer 54 minutos após o início da operação;

- ✓ Coordenação e treinamento deficientes de pessoal nas ações de controle de estabilidade em emergência.

Falhas intencionais

Os fatos indicam que a gestão da plataforma era leniente com as não conformidades relacionadas ao descumprimento dos procedimentos e manuais de operação, conforme evidenciado no Livro de Registro de Lastro, onde as anotações sobre as sondagens volumétricas indicam frequente movimentação de água contaminada com resíduos oleosos nos tanques de drenagem de emergência. Ainda, as ações para a retirada de água do tanque, através do *manifold* de produção, somadas ao fato de terem mantidas as elipses de acesso ao tanque de lastro de popa boreste e à caixa de estabilidade contígua abertas por um tempo demasiadamente longo, contrariando os procedimentos do Manual de Operação, item “Casco e Estrutura – Estanqueidade à água”, colaboraram para a celeridade no processo de adernamento da plataforma, uma vez que possibilitou a comunicação entre os compartimentos mencionados e a parte inferior da coluna, que se encontrava inundada.

Falhas não intencionais

A falta de proteção redundante e dos sistemas automáticos tornou vulnerável o esquema de ligação dos tanques de drenagem. Também, o gás foi liberado para níveis superiores quando os operadores abriram a escotilha, contudo, não havia a previsão de presença de gás neste local, assim como a ausência de instrumentação que indicasse tal condição. A partida da bomba proporcionou a pressurização do tanque de drenagem de emergência, mas tal falha está ligada a uma violação nas regras de isolamento do tanque. O bloqueio do suspiro do tanque de drenagem de emergência de boreste, embora tivesse contribuído para a pressurização, era necessária para o isolamento do tanque. Também, a falha de comunicação não pode ser considerada uma falha proposital, mas a possibilidade de falha é reduzida ou eliminada com exercícios simulados.

3.2. ACIDENTE NO NAVIO FPSO CIDADE DE SÃO MATEUS

Acidente: Explosão do navio FPSO Cidade de São Mateus

Local: Bacia do Espírito Santo, nas proximidades da cidade de Aracruz-ES.

Acidente ocorrido em: 11/02/2015

Relatório final lançado em: agosto /2015

Tipo de acidente: produção de petróleo e gás - incêndio e explosão

O que aconteceu?

Aproximadamente às 11h30 do dia 11/02/2015, durante a tentativa de drenagem de resíduo líquido do tanque de carga central número 6 (6C) com o uso de bomba alternativa (bomba de *stripping*), houve o vazamento de condensado dentro da casa de bombas do FPSO Cidade de São Mateus (FPSO CDSM). Após alarme proveniente dos três detectores de gás fixos instalados no fundo da casa de bombas, três equipes diferentes foram enviadas até o local do vazamento em três momentos distintos, mesmo com a presença confirmada de atmosfera explosiva pelos detectores de gás fixos. Por volta de 12h30, enquanto as pessoas se deslocavam no interior do casario, a terceira equipe entrou na casa de bombas. Esta equipe estava munida de mantas absorventes, mangueira de incêndio, escada e ferramentas, tendo como objetivos limpar a poça de líquido e apertar os parafusos da conexão que apresentava vazamento, ainda na presença de atmosfera explosiva. Após a tentativa frustrada de utilizar mantas absorventes, durante o reparo da conexão e a lavagem do local com o uso da mangueira de combate a incêndio, às 12h38, uma forte explosão ocorreu. O acidente ocasionou a morte de nove pessoas, vinte e seis feridos, sendo sete graves, e danos à instalação. (Fonte: Relatório da ANP –ago. de 2015).

Quais barreiras falharam?

- **Planta e equipamentos**

Fatores Humanos no design

Estocagem inadequada de condensado – a falha no processo de gestão de mudança na conversão da instalação, evidenciado pela solicitação da Petrobras, ainda na fase de

projeto, para análise da condição de estocagem de condensado, além da falta de revisão de riscos no início da operação da unidade, levou ao armazenamento de condensado de forma inadequada na plataforma.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO (ANP, 2007):

- ✓ 12.6.4: *“Resultados - Deverá ser evidenciado que os riscos foram sistematicamente avaliados durante as fases de projeto, construção, comissionamento e operação, assim como antes da desativação”.*
- ✓ 16.3: *“Procedimentos de controle - O Operador da Instalação estabelecerá e implementará um procedimento para gerenciar mudanças que possam afetar a Segurança Operacional”.*

Degradação do sistema de transferência de carga do FPSO CDSM – apesar do sistema de transferência de carga ter sofrido modificações, essas não foram significativas, nem mesmo submetidas às normas aplicadas à planta de processo, ou seja, não foi garantida a robustez necessária para as condições de operação previstas. Dessa forma, passou a armazenar um fluido com características distintas das que foram consideradas originalmente, passando a se degradar em relação à sua condição de projeto. Para manter a continuidade operacional da unidade, foram implementados recursos e ações improvisados, sem a devida análise de riscos e sem os devidos registros documentais para nortear a operação em suas atividades.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 8.3: *“Acesso à Informação - O Operador da Instalação terá como atribuição garantir o acesso adequado do pessoal às informações e à documentação da Instalação que sejam afetadas a este Regulamento Técnico, considerando as necessidades de trabalho e de treinamento de cada um”.*
- ✓ 16.3.2: *“Procedimentos de controle – O Operador da Instalação estabelecerá e implementará um procedimento para gerenciar mudanças que possam afetar a Segurança Operacional, O procedimento deve considerar: ‘[...] A avaliação dos perigos e do impacto global nas atividades, antes da implementação de modificações’”.*

- ✓ 16.3.3: “*Procedimentos de controle – O Operador da Instalação estabelecerá e implementará um procedimento para gerenciar mudanças que possam afetar a Segurança Operacional, O procedimento deve considerar: ‘[...] A atualização dos procedimentos e documentações afetadas pela mudança’*”.

Processos

Procedimentos

Operar a bomba de *stripping* com sua descarga fechada – O controle de operação da bomba de *stripping* era feito pelo operador de marinha através da Interface Homem-Máquina (IHM). O monitoramento dos parâmetros era feito de forma indireta, considerando-se a relação do percentual de abertura da válvula de controle de vapor e número de *strokes*, elevando a pressão sobre o operador de marinha e a probabilidade de erro, uma vez que a interpretação e conversões das variáveis para se obter a condição adequada de operação do equipamento estavam sob sua responsabilidade. Foi observado no relatório que o projeto da bomba de *stripping* previa a implementação do controle de *strokes*, porém, não chegou a ser realizada. O controle da pressão de descarga da bomba, que era utilizada como parâmetro para definir o número de *strokes*, era apresentado no supervisório em forma de *pop-up*, que poderia não ficar visível durante a operação de outros sistemas. Somando-se a isso, foi definido um *range* de medição com valor que poderia acarretar danos a equipamentos, uma vez que estava acima da Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA) do sistema.

Os parâmetros e manobras operacionais não estavam procedimentados, imputando ao operador a responsabilidade pelo sucesso e fracasso das operações. Essas circunstâncias deixam clara a ausência de um plano de capacitação em procedimentos operacionais. Foi verificado, ainda, que a bomba havia operado com a descarga fechada de forma sistêmica nos dias que antecederam o acidente.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 1.5: “*Disponibilização e Planejamento de Recursos - O Operador da Instalação deverá planejar e prover os recursos necessários para a implementação e o funcionamento do sistema de gerenciamento da segurança operacional e para atendimento dos demais requisitos estabelecidos neste Regulamento Técnico*”.

- ✓ 10.2.1: *“Gestão e Organização – Atender aos critérios de projeto e considerar as normas, os padrões da indústria e boas práticas de engenharia no planejamento do projeto, construção, instalação e desativação da Instalação”.*
- ✓ 12.6.3: *“Resultados – O Operador da Instalação será responsável por documentar a implementação das ações corretivas. No caso de modificações na implementação destas ações ou na sua rejeição, deverá justificar suas decisões”.*
- ✓ 15.2.1: *“Elaboração e Controle dos Procedimentos Operacionais – Elaborar, documentar e controlar os procedimentos operacionais para as operações que são realizadas na Instalação, com instruções claras e específicas para execução das atividades com segurança, levando em consideração as especificidades operacionais e a complexidade das atividades”.*

Ignição da atmosfera explosiva – não foi possível afirmar qual fonte de ignição levou à explosão na casa de bombas, porém, de acordo com os estudos apresentados no relatório, sugere-se a probabilidade de ter sido gerada por faísca mecânica ou energia estática oriundas da utilização de recursos pela equipe de brigada. Entretanto, é fato que, para o cenário apresentado, com formação de atmosfera explosiva, a falta de instruções adequadas para a realização das tarefas das equipes de resposta à emergência levou ao incidente.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 15.2.1: *“Elaboração e Controle dos Procedimentos Operacionais – Elaborar, documentar e controlar os procedimentos operacionais para as operações que são realizadas na Instalação, com instruções claras e específicas para execução das atividades com segurança, levando em consideração as especificidades operacionais e a complexidade das atividades”.*

Pessoas

Manutenção, Inspeção e Testes

Perda de contenção primária de condensado – a descarga da bomba possuía uma válvula de segurança contra sobrepressão (PSV) que fazia a recirculação do fluido em caso de elevação de pressão acima do set de operação. No entanto, não havia registros de

que essa válvula tivesse um plano de calibração sendo atendido, o que coloca em dúvida a sua confiabilidade. Como mencionado anteriormente, o sistema de transferência não sofreu os ajustes necessários para atender de forma compatível as alterações realizadas na planta de processo, assim, o sistema não foi dotado de alarmes e intertravamentos, contrariando as normas e boas práticas de engenharia.

A utilização de recursos sem rastreabilidade sugere a criação de um ponto frágil nesse sistema, com a utilização de raquetes não especificadas para as condições de trabalho. Porém, não foi possível afirmar, uma vez que o acesso ao ponto do vazamento ficou inacessível.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 8.2: *“Responsabilidades na Gestão da Informação – Cabe ao Operador da Instalação desenvolver um sistema de controle de documentação que considere o desenvolvimento, atualização, distribuição, controle e integridade das informações e de toda documentação necessária ao atendimento deste Regulamento Técnico”.*
- ✓ 10.2.2: *“Gestão e Organização – O Operador da Instalação deverá: ‘[...] Identificar, durante as fases de projeto, construção, instalação e desativação, as normas, os padrões e as boas práticas de engenharia relacionadas aos assuntos de Segurança Operacional’”.*
- ✓ 10.3: *“Segurança nas Fases de Projeto, Construção, Instalação e Desativação”.*
- ✓ 13.2.1: *“Planejamento de Inspeção, Teste, Manutenção e Suprimento de Materiais - O Operador da Instalação terá como atribuição: ‘[...] Estabelecer planos e procedimentos para inspeção, teste e manutenção, a fim de buscar a integridade mecânica dos seus sistemas, estruturas, Equipamentos e Sistemas Críticos de Segurança Operacional. Tal documentação deverá estar alinhada com recomendações dos fabricantes, normas, padrões e boas práticas de engenharia’”.*
- ✓ 13.3.5: *“Controle das Atividades – O Operador da Instalação terá como atribuição: ‘[...] Qualquer desvio das especificações de projeto deve ser abordado através dos requisitos da prática de gestão de Gerenciamento De Mudanças’”.*

Treinamento e Competência / Níveis de pessoal e carga de trabalho

Degradação da equipe de marinha do FPSO CDSM – Além da operação do sistema com restrições e dos problemas relacionados à ausência de documentos atualizados e treinamentos inexistentes ou incompatíveis com as alterações da planta, foram identificados funcionários sem definição clara de função, desempenhando mais de uma função e ausência de empregados desempenhando funções estratégicas, levando a uma sobrecarga emocional e física, evidenciando, assim, a ausência do gerenciamento de mudança de pessoas e fiscais de contrato da Petrobras, falha ou ausência da gestão de treinamentos.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 1.5: *“Disponibilização e Planejamento de Recursos - O Operador da Instalação deverá planejar e prover os recursos necessários para a implementação e o funcionamento do sistema de gerenciamento da segurança operacional e para atendimento dos demais requisitos estabelecidos neste Regulamento Técnico”.*
- ✓ 3.3.2: *“Treinamento - Dimensionar o programa de treinamento de acordo com a classificação de funções e as tarefas afetas ao cargo”.*
- ✓ 3.3.4: *“Treinamento - Estabelecer a qualificação e o treinamento necessários à realização das atividades previstas nos procedimentos operacionais”.*
- ✓ 16.2: *“Tipos de mudanças - Mudanças nas operações, procedimentos, padrões, instalações ou pessoal devem ser avaliadas e gerenciadas de forma que os riscos advindos destas alterações permaneçam em níveis aceitáveis”.*

Segurança Comportamental

Exposição de pessoas – o Plano de Resposta à Emergência (PRE) não previa recursos adequados para o cenário estabelecido naquela ocasião, levando a tripulação a incorrer em várias falhas na mitigação do sinistro, expondo pessoas e instalações a situações de perigo de elevado potencial de severidade, e que culminou com um quadro de nove vítimas fatais, vinte e seis feridos e danos às instalações.

Na mesma linha de avaliação do PRE, foram observadas falhas no que tange à disciplina operacional, evidenciadas pela desmobilização das pessoas dos seus respectivos pontos de encontro enquanto o evento ainda não havia sido controlado, à

criação de uma equipe com pessoas sem atribuições no PRE e à definição dos pontos de encontro para membros da equipe de resposta à emergência desconsiderando-se os estudos de segurança do FPSO.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 4.2.1.2: *“Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos - Durante a fase de operação, deverá ser promovida a conscientização da força de trabalho envolvida na operação e na manutenção, relativa às situações e condições que possam provocar incidentes”.*
- ✓ 10.2.4: *“Gestão e Organização – Considerar, na fase de projeto, a redução da exposição humana às consequências de eventuais falhas de equipamentos ou sistemas, que porventura possam ocorrer durante a operação”.*
- ✓ 14.2.3: *“Planejamento de Situações de Emergência – O Operador da Instalação será responsável por: a) Identificar, nos termos da Prática de Gestão nº 12 (Identificação e Análise de Riscos), as grandes emergências e descrever os cenários acidentais associados; b) Avaliar a capacidade de resposta à cada cenário acidental; c) Apresentar as ações efetivas de resposta a emergências”.*
- ✓ 14.4: *“Gestão dos Recursos de Resposta – O Operador da Instalação será responsável por identificar todos os recursos de resposta, incluindo os sistemas e equipamentos de emergência, bem como as empresas contratadas prestadoras de serviços de apoio na resposta a emergência, certificando-se de sua adequação e disponibilidade”.*
- ✓ 14.7: *“Revisão do Plano de Emergência – O Plano de Emergência deve ser reavaliado nas seguintes situações: a) sempre que uma análise de risco assim o indicar; b) quando a avaliação do desempenho do Plano de Emergência, decorrente do seu acionamento por incidente ou exercício simulado, recomendar; c) sempre que a instalação sofrer modificações físicas, operacionais ou organizacionais que afetem seus procedimentos ou a sua capacidade de resposta; ou d) em outras situações a critério da ANP”.*
- ✓ 15.2.1: *“Elaboração e Controle dos Procedimentos Operacionais – Elaborar, documentar e controlar os procedimentos operacionais para as operações que são realizadas na Instalação, com instruções claras e específicas para execução das atividades com segurança, levando em consideração as especificidades operacionais e a complexidade das atividades”.*

Falhas intencionais

Os fatos indicam que a empresa BW *Offshore* era leniente com desvios e postergações de manutenções críticas.

Falta de uma análise crítica do processo de gestão de mudanças, assim como sua respectiva coleta de dados, tornando-o mais frágil e impreciso. Tais práticas como procedimentos informais de partidas de equipamentos deveriam ser proibidas ou discutidas para que pudessem ser adotadas e incorporadas ao procedimento oficial da empresa.

A decisão, ainda durante a conversão, de estocar condensado (hidrocarboneto) nos tanques de carga foi tomada em contrariedade a requisitos mandatórios do projeto da unidade, que previa que o condensado fosse armazenado junto com óleo cru.

Falhas não intencionais

Não foi averiguado se o superintendente de marinha de fato conhecia todos os requisitos, conteúdo e responsabilidades para a realização de exercícios de emergência simulados e treinamentos a bordo e em terra assim como para situações reais. Ficou evidente que o pessoal da equipe de emergências não estava devidamente preparado para tal situação.

Enquanto as restrições operacionais resultantes da operação de um sistema degradado eram incluídas no sistema físico, a equipe de marinha, responsável pela operação dos sistemas de armazenamento, era submetida à sobrecarga de pessoal e ausência de funções chave, sendo também degradada ao longo do tempo.

3.3. ACIDENTE NO NAVIO FPSO CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Acidente: Perda de Contenção no navio FPSO Cidade do Rio de Janeiro

Local: Campo de Espadarte, Bacia de Campos.

Acidente ocorrido em: 02/01/2019

Relatório final lançado em: novembro/2020

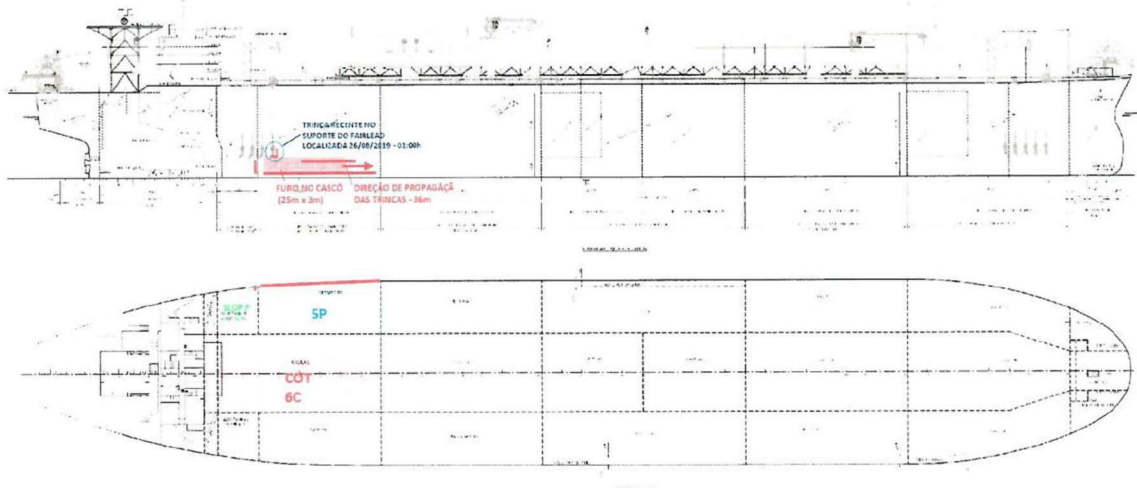
Tipo de acidente: Derramamento de óleo.

O que aconteceu?

Em 02/01/2019, a Petrobras comunicou a ocorrência de incidente com descarga significativa de óleo (1,4 m³) proveniente do FPSO Cidade do Rio de Janeiro. Posteriormente informada origem como sendo do tanque 5C. Este incidente resultou em 16,36 m³ de óleo no mar. Na época do acidente, a unidade encontrava-se em fase de descomissionamento, sendo que já estava sem produzir desde 30/06/2018.

No dia 23/08/2019, após ser observado o aumento do volume nos tanques 6C e 5P, foi realizada operação de mergulho para identificar a sua causa. Foram identificadas trincas no casco, localizadas abaixo do *fair-lead* de popa bombordo, na posição do tanque 5P, conforme pode ser observado na Figura 9. Essas trincas eram em número de cinco: quatro longitudinais e uma transversal.

Figura 9 – FPSO Cidade do Rio de Janeiro, com destaque para a região das trincas.



FONTE: Relatório de investigação de acidente da ANP; p.8.

No momento da identificação da trinca, a unidade possuía um inventário de 80.827 m³ de água oleosa; 5,13 m³ de óleo; 450 m³ de diesel; 356 tambores de borra oleosa (71 m³) e cerca de 169,19 m³ de borra oleosa em tanques. As ações iniciais de resposta foram a colocação de barreiras de contenção no mar e a dispersão mecânica do óleo, foram utilizadas embarcações para recuperar o óleo e para monitorar a evolução das trincas.

Entre os dias 24 e 26 de agosto de 2019, a unidade foi evacuada, 107 pessoas desembarcaram. A tomada de decisão de evacuação se deu por constar, entre os perigos associados à progressão das trincas, com adernamento/naufrágio da unidade de produção. Não havia pleno conhecimento do grau do dano à integridade da unidade.

Em 28/08/2019, foi identificado que as trincas se uniram e o painel colapsou, abrindo uma fenda de 36 m x 6 m no casco, sendo que a bolina também se desprendeu e caiu.

Em 17/10/2019, ocorreu o desprendimento de mais uma parte do costado, ampliando a abertura para 37,7 m x 7,55 m. Por fim, em 25/10/2019, a chapa de fundo se desprendeu e caiu no leito marinho.

Figura 10 –Fundo do casco da FPSO Cidade do Rio de Janeiro após queda da chapa.



FONTE: Relatório de investigação de acidente da ANP; p.9.

As principais ações realizadas ao longo da resposta à emergência foram o monitoramento de trincas, da integridade e estabilidade da embarcação, a contenção e dispersão de pequenos volumes de óleo que eram descarregados no mar, a redução do inventário de contaminantes a bordo, a desconexão de *risers* e linhas de ancoragem e a preparação para a remoção da unidade da locação para um estaleiro. Em 22/11/2019, a unidade finalmente chegou ao estaleiro Jurong.

Mesmo não ocorrendo o afundamento da instalação, os custos diretos da resposta à emergência ficaram em torno de 250 milhões de reais.

Como conclusão da investigação, foram identificados seis fatores causais. Os três primeiros explicam por que as paredes do tanque 5P se degradaram, perdendo espessura a ponto de ocorrer trincas e posterior queda de placas. Os outros três fatores causais são

os porquês de a instalação ainda ter ficado na locação mesmo depois do término de sua vida útil (Fonte: Relatório da ANP – nov. de 2020).

Quais barreiras falharam?

- **Planta e equipamentos**

Fatores Humanos no design

A inconsistência dos critérios de projeto do sistema de proteção contra corrosão levou à ausência de revestimento epóxi no tanque 5P, comprometendo a sua proteção de forma independente do sistema de proteção catódica, levando à redução da espessura das chapas do tanque; a inconsistência dos critérios de projeto levou ao armazenamento de fluido fora dos parâmetros considerados em projeto.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 10.2.2: *“O Operador da Instalação deverá: Identificar, durante as fases de projeto, construção, instalação e desativação, as normas, os padrões e as boas práticas de engenharia relacionadas aos assuntos de Segurança Operacional”.*

Processos

Procedimentos.

Descumprimento de planejamento de inspeções – Conforme ordens de serviço apresentadas, as exigências constantes no documento “Procedimento de Operações Especiais - Inspeção de Tanque” não foram cumpridas; conforme os planos de inspeção, as *Work Orders* nº 0700-86-76, 0700-86-77 e 0700-86-78 tinham como prazo inicial a data de 01/06/2011, ou seja, 6 meses antes de concluir 5 anos de operação. Estas ordens de serviço foram cumpridas somente em 20/02/2013, mais de 6 anos após o início da operação da unidade; o atendimento às exigências da classificadora, que estabelece a frequência de 5 anos para a inspeção dos tanques, não foi cumprido; não foi identificada menção à necessidade de cumprimento das frequências de inspeção definidas no “Procedimento de Operações Especiais -

Inspeção de Tanque”, em se tratando do tanque fora de especificação 5P; não foi apresentada nenhuma justificativa técnica para o descumprimento do “Procedimento de Operações Especiais - Inspeção de Tanque”.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 13.2.1: *“O Operador da Instalação terá como atribuição: Estabelecer planos e procedimentos para inspeção, teste e manutenção, a fim de buscar a integridade mecânica dos seus sistemas, estruturas, Equipamentos e Sistemas Críticos de Segurança Operacional. Tal documentação deverá estar alinhada com recomendações dos fabricantes, normas, padrões e boas práticas de engenharia.”*

Mudança organizacional

A equipe capacitada e responsável pelas operações de supervisão do *offloading* estava reduzida.

O fato acima evidencia o descumprimento do seguinte item do SGSO:

- ✓ 1.5: *“Disponibilização e Planejamento de Recursos – O Operador da Instalação deverá planejar e prover os recursos necessários para a implementação e o funcionamento do sistema de gerenciamento da segurança operacional e para atendimento dos demais requisitos estabelecidos neste Regulamento Técnico”.*

Interfaces do contratante

A condução voltada à produtividade e segurança ocupacional resultou em falta de controle sobre as atividades de inspeção e manutenção dos tanques navais da FPSO, o que levou aos fatores causais; a insuficiência de proteção catódica e a ausência de revestimento epóxi evidenciam a falta de controle sobre as atividades de inspeção e manutenção dos tanques.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento do seguinte item do SGSO:

- ✓ 5.3.1: *“O Operador da Instalação será responsável por: Estabelecer as responsabilidades das contratadas relativas à Segurança Operacional”.*

Pessoas

Liderança

Não foram desencadeadas ações preventivas e/ou mitigadoras para os problemas de espessura fora dos limites aceitos pela classe apontados pelos relatórios; não foi emitida documentação técnica apontando riscos, ações e seus respectivos prazos de implementação.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento do seguinte item do SGSO:

- ✓ 13.4: *“Monitoramento e Avaliação de Resultados – O Operador da Instalação será responsável por monitorar e avaliar os resultados das inspeções e testes”.*

Manutenção, Inspeção e Testes

A medição de espessura dos tanques foi realizada quando grande parte do tanque permanecia com lama, comprometendo a avaliação da integridade do revestimento, o que pode ter impedido a realização de uma inspeção visual adequada para identificar o estado do sistema de proteção catódica e do revestimento do fundo do tanque 5P; não foi realizada, de forma adequada, a avaliação das condições de operação do sistema de geração de vapor, levando à falha desse equipamento.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 13.3.3: *“O Operador da Instalação terá como atribuição: Estabelecer requisitos de garantia da qualidade na execução dos procedimentos”;*
- ✓ 13.4: *“Monitoramento e Avaliação de Resultados – O Operador da Instalação será responsável por monitorar e avaliar os resultados das inspeções e testes”.*

Supervisão

Identificadas falhas no processo de inspeção; identificadas falhas no processo de manutenção de equipamentos e tubulações; identificada ausência de atendimento às recomendações de inspeções de equipamentos críticos previsto em procedimento; identificado efetivo reduzido para conduzir as atividades de *offloading*; baixa percepção

de risco por parte da gestão da empresa, evidenciada pela ausência de ações preventivas para manter os níveis de segurança operacionais da FPSO; não foi identificado planejamento de descomissionamento da unidade considerando-se a sua vida útil e o atendimento à legislação vigente.

Os fatos acima evidenciam o descumprimento dos seguintes itens do SGSO:

- ✓ 1.3.2: *“O Operador da Instalação será responsável por: Garantir a participação efetiva dos Gerentes da Instalação nas atividades relacionadas com a Segurança Operacional”;*
- ✓ 10.2.1: *“O Operador da Instalação deverá: Atender aos critérios de projeto e considerar as normas, os padrões da indústria e boas práticas de engenharia no planejamento do projeto, construção, instalação e desativação da Instalação”.*

Falhas intencionais

As falhas intencionais estão associadas ao descumprimento do procedimento de inspeções, quando da realização de inspeções em tanque com padrão de limpeza abaixo da exigida, e do planejamento de inspeções, onde foi ignorada a necessidade de desencadeamento das ações para atendimento às exigências apresentadas no procedimento de Operações Especiais e *Work Orders*, além das encaminhadas pela classificadora.

Falhas não intencionais

As falhas não intencionais estão associadas às decisões que concorreram para a instalação de proteção catódica deficiente, a supressão de aplicação do revestimento epóxi no tanque, que permitiria o equilíbrio em função da limitação de proteções suportadas pela estrutura do casco, o modelo de gestão voltado à produtividade e segurança ocupacional, ignorando as questões relacionadas aos Fatores Humanos e exercendo pressão sobre os trabalhadores, avaliação incoerente sobre as condições de operação do sistema de vapor e baixa percepção de risco, evidenciada pelo que foi pontuado anteriormente.

4. CONCLUSÕES

Com relação ao método proposto, ele funciona como um guia para a comissão, fornecendo um bom direcionador para a sequência da análise do acidente. Proporcionando que diversos aspectos do processo de investigação sejam contemplados, inclusive o direcionamento para a avaliação dos Fatores Humanos. Contudo o método aponta para diversas abordagens, mas não orienta detalhadamente como aplicá-lo. Exigindo uma orientação complementar para melhor eficiência do método.

Embora o tamanho da amostra utilizada neste trabalho seja reduzido, verifica-se que os Fatores Humanos não foram abordados adequadamente no processo de investigação. O modelo de trabalho utilizado pelas comissões de investigação avaliadas nesta pesquisa apresenta traços acentuados do modelo tradicional de investigação de acidentes, onde a investigação cessa quando é identificado um erro humano, sem considerar os fatores que contribuíram para ele.

Análise da investigação do acidente da P-36

A investigação não avalia os fatores que podem ter contribuído para o acidente ou, ainda, se existiu algum Fator Humano que esteja ligado à causa básica. Pela avaliação do relatório de investigação verifica-se a adoção da gestão tradicional, onde o “erro humano e violações” são a causa dos acidentes. O foco das investigações é mantido nas pessoas. Assim, é importante que as comissões de investigação sejam dotadas de competência que seja capaz de aprofundar o processo de investigação. Como recomendam os processos de investigação considerados mais “modernos”. Nesta visão os erros humanos e as violações são o produto de condições latentes e por vezes sistêmicas. Neste processo o foco é nos Fatores Humanos e nas falhas sistêmicas. Os investigadores são orientados a não presumir sobre as causas do acidente e não orientar a investigação sobre este viés.

Pela análise do relatório percebe-se a cultura de SMS do local degradada, com descumprimento de padrões de manutenção e de operação, ainda que não exista a intenção de falha pelos operadores. Comparando as condições e práticas locais com a curva de Bradley, é possível sugerir que a cultura local é compatível com o estágio dependente, ou seja, as pessoas têm a percepção de risco, mas aceitam ficarem expostos aos riscos.

Análise da investigação do acidente da FPSO Cidade de São Mateus

A dinâmica do acidente com o FPSO Cidade de São Mateus envolve um longo histórico de negligências atribuídas a fatores de natureza gerencial e organizacional, cujas causas raiz foram relacionadas ao não atendimento dos requisitos de SGSO.

O atendimento ao SGSO teve grande impacto na gestão de segurança de processos e contribuiu para a evolução no processo investigativo e da própria legislação no que tange à segurança de processos, particularmente em instalações marítimas de perfuração e produção de petróleo e gás natural. O SGSO foi instituído em 2007, por meio da Resolução ANP nº 43/2007, ou seja, seis anos após o acidente da P-36.

Análise da investigação do acidente da FPSO Cidade do Rio de Janeiro

O relatório aponta nove causas raiz, mas não considera como os fatores humanos podem ter contribuído para a ocorrência do evento. Mesmo quando cita temas como, por exemplo, “Equipe insuficiente”, “Baixa percepção de risco”, “Falta de ação corretiva.” e “Descumprimento de planejamento de Inspeções” o relatório não apresenta aprofundamento da análise buscando identificar se existe algum Fator Humano que pode estar na origem das causas apontadas. Também, no fato da postergação do prazo do contrato de afretamento não é avaliado se guarda alguma relação ou impacto ao evento.

Alguns itens apontados como causa básica são decisões, mas não há sinalização porque estas foram tomadas. É importante determinar o que influenciou ou tem influenciado no processo decisório que levou o descumprimento de padrões de engenharia e de instruções emanadas por órgãos técnicos responsáveis.

Mesmo quando o relatório afirma que a equipe está subdimensionada e que há “desconfiança quanto à capacidade técnica de determinados funcionários”, não explicita o desenvolvimento do assunto considerando a abordagem dos fatores humanos.

RECOMENDAÇÕES

Comissões de investigação:

- Capacitar seus membros para considerar os Fatores Humanos em seus processos de investigação de eventos relacionados à segurança de processo.

- Considerar em seus modelos de relatórios campo estruturado para abordar os fatores humanos.

Campo Acadêmico:

- Desenvolver metodologia e treinamento para capacitação de equipe de investigação considerando os fatores humanos.

PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Dada a relevância da abordagem dos Fatores Humanos nas investigações de acidentes e as observações feitas em função do estudo ora apresentado, onde não foram evidenciados, ou evidenciados de forma superficial, apontamentos para causas relacionadas aos Fatores Humanos, e com o objetivo de fortalecer a integração dos Fatores Humanos à cultura de segurança industrial e políticas organizacionais, conforme proposto por Daniellou, Simard e Boissières (2010, p.V), é preciso se apoiar em conhecimentos novos que se abrem às ciências humanas e sociais, fazendo a ligação com questões operacionais concretas.

Assim, surge a necessidade da elaboração de um *handbook*, com um direcionamento para observações de questões básicas associadas aos Fatores Humanos nas investigações de acidentes, utilizando-as como método nesse processo, por meio de *steps* (passo a passo), onde são indicados os fatores influenciadores, a partir dos ensaios de investigações de acidentes, suas causas e efeitos.

“A cultura de segurança se traduz pela consciência compartilhada de que cada um tem somente uma parte das informações e das habilidades necessárias à segurança” (Daniellou, Simard e Boissières, 2010, p.12).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores e tutores pela orientação e disponibilidade e aos colegas de classe pelo ambiente de colaboração e troca de experiências.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 43 de 06/12/2007**. Disponível em <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-43-2007?origin=instituicao&q=43/2007>. Acesso em: 17 de out. de 2021.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 5, de 29/01/2014**. Disponível em <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-5-2014>. Acesso em: 17 de out. de 2021.

Crowl, Daniel A; Louvar, Joseph F. - **“Segurança de Processos Químicos – Fundamentos e Aplicações”**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

Daniellou, F.; Simard, M.; Boissières, I. – **“Fatores Humanos e Organizacionais da Segurança Industrial: um estado de arte”**. Número 2013-07 dos Cadernos da Segurança Industrial, ICSI, Toulouse, França (ISSN 2100-3874). Disponível em <http://www.icsi-eu.org>. Acesso em: 07 de out. de 2021.

Diretrizes para Segurança de processo baseada em risco/Center for Chemical Process Safety - CCPS; tradução Petrobras/Recursos Humanos/Universidade Petrobras, -1. Ed. - Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

Drilling Contractor - **Official Magazine of the International Association of Drilling Contractors**. Disponível em <https://www.drillingcontractor.org/petrobras-takes-human-factors-approach-to-improve-safety-and-performance-in-deepwater-drilling-56238>. Acesso em: 12 de set. de 2021.

FRANÇA, Josué E. Maia. Revista Prevenção - <https://revistapreven.org/04/2020/edicao-8/o-que-sao-fatores-humanos/>. Acesso em: 15 abr. de 2020.

GIL, Antônio C. – **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE – **“Kit dos Inspectores – Factores humanos na gestão de perigos de acidentes graves”**. Disponível em <https://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/toolkit-introduction-portuguese.pdf>. Acesso em 15 de out. de 2021

Kletz, Trevor A.– O que houve de errado? / Trevor A. Kletz – São Paulo: Pearson Makron Books, 1993.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva Maria – **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MEDEIROS, Vitor Alves - **O Estado da Arte do FPSO**– Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, 2015.

Relatório de Investigação - **Acidente com a Plataforma P-36 - Comissão de Investigação ANP/DPC**; 20 de mar. de 2001.

Relatório de Investigação - **Incidente de Explosão Ocorrido em 11/02/2015 no FPSO Cidade de São Mateus** - Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente (SSM), ago. de 2015.

Relatório de Investigação - **Investigação do Acidente na FPSO Cidade do Rio de Janeiro** - Superintendência de Segurança Operacional e Meio Ambiente (SSM), nov. de 2020.

Step Change in Safety – **“Human Factors: How to take the first steps”**. Disponível em https://humanfactors.atlasknowledge.com/resources/Human_Factors-First_Steps.pdf. Acesso em: 07 de out. de 2021.

Theobald, R.; Lima, G. B. A. – **“A excelência em gestão de SMS: uma abordagem orientada para os fatores humanos”**. Sistemas & Gestão, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 50–64, 2009. DOI: 10.7177/sg.2007.SGV2N1A4. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/SGV2N1A4>. Acesso em: 15 nov. 2021.

TOFT, Y.; DELL, G. **Models-of-causation-Safety**. Tullamarine: HaSPA (Health and Safety Professionals Alliance), 2012.

Marsh, 100 Largest Losses in the Hydrocarbon Industry, 26 ed., Março de 2020.

Vídeo “Acidente da P-36 - Explosão e Naufrágio”. https://www.youtube.com/watch?v=Oz10Rsw_bJc&t=317s

APÊNDICE A - GLOSSÁRIO

Adernamento – No âmbito náutico, adernamento, adorno ou banda é a inclinação de uma embarcação em graus de uma embarcação para um dos seus bordos.

Classificadoras - Organizações reconhecidas com delegação de competência estabelecida de acordo com as normas da autoridade marítima para reconhecimento de sociedades classificadoras para atuarem em nome do Governo Brasileiro – NORMAM 06, na implementação e fiscalização da correta aplicação dos requisitos das convenções e códigos internacionais ratificados pelo Brasil e normas nacionais pertinentes, relativas à segurança da navegação, salvaguarda da vida humana e prevenção da poluição ambiental.

Curva de Bradley - A Curva de Bradley identifica quatro estágios de maturidade da cultura de segurança de uma organização. Sendo seus estágios de desenvolvimento: reativo, dependente, independente e interdependente.

Elipse – Acessório utilizado como ponto de acesso para inspeções e limpezas de tanques marítimos.

Epóxi - Uma resina epóxi ou poliepóxido é um plástico termorrígido que endurece a partir da mistura com um agente catalisador ou agente de cura e apresenta grande resistência mecânica e química, amplamente utilizada em superfícies metálicas para proteção anticorrosão.

Fair-lead – Guia de cabos.

Flange cego - O flange cego é uma conexão sólida que não possui uma perfuração no centro. Sua função é bloquear uma seção e, conseqüentemente, a passagem dos fluidos da rede de tubulação, válvulas ou bombas.

Manifold - Conjunto de válvulas e acessórios que serve para direcionar fluídos, como por exemplo, conectar a produção de vários poços a um duto coletor.

Offloading - Conjunto de operações objetivando o transporte do petróleo produzido pela unidade marítima para navio aliviador.

Offspec – Fora de especificação.

Proteção catódica - Importante técnica para a proteção contra a corrosão de instalações metálicas enterradas ou submersas.

Raquete - Dispositivo metálico posicionado na interseção de dois flanges para promover o isolamento mecânico de trechos, vasos e segmentos de tubulação.

Riser - Rígidos ou flexíveis, os *risers* são os trechos suspensos das tubulações que interligam as linhas de produção submarinas (vindas de uma árvore de natal molhada ou de um *manifold*) às plataformas.

SGSO - Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional.