

Pós-Graduação

Segurança de Processos



USO DE FERRAMENTA 360 *TOUR VIEW* PARA APOIAR ANÁLISES QUALITATIVAS DE RISCO

Cristiane Soviersovski, Edinaldo S. Gouveia, Rui O. de Carvalho Jr., Simone R. T. de Sousa, Viviane L. do N. Alves

RESUMO

A utilização de tecnologias de realidade virtual no contexto da segurança de processos tem se tornado mais frequente e contribuído para minimizar os riscos operacionais associados às instalações industriais. Com a ajuda destas tecnologias, gestores e equipes de análise multidisciplinar de riscos podem ampliar os seus conhecimentos e saberes acerca dos perigos existentes em uma planta de processo. A ferramenta de software 360 tour view oferece um ambiente computacional de realidade virtual que possibilita a visualização do layout e a navegação imersiva em uma instalação. Este trabalho visou explorar o alcance deste software como uma ferramenta de apoio em análises de riscos, minimizando incertezas, dado que a sua aplicação permitiu ao grupo de análise ampliar sua visão da real disposição de equipamentos e sistemas acrescentando percepções às informações obtidas a partir de diagramas e demais documentos de referência. Consequentemente, permitiu o desenvolvimento de análises qualitativas de riscos e proposição de medidas de controle mais precisas em plantas offshore. Pôde-se concluir que o 360 tour view colabora positivamente em análises de riscos melhorando a compreensão da complexidade de uma instalação industrial.

Palavras-chave: Realidade Virtual, 360 tour view, Análise de Riscos, offshore.

ABSTRACT

The use of virtual reality technologies to cope with the process safety issues has become frequent and contributed to minimize operational risks associated to industrial installations. With the help of these technologies, managers and multidisciplinary risk analysis teams can expand their knowledge and skills regarding the existing hazards in process plants. Tools such as 360 tour view software offers a virtual reality computational environment which makes it possible to visualize the layout through immersive navigation of an installation. This study aims to investigate how the 360 tour view software may work as a tool in risk analysis, mitigating uncertainties, once its application benefits an analysis group with a widespread view of the equipment and systems locations, adding perceptions to the information provided by reference diagrams and documents. More precise risk assessments as well as control measures are expected to be elaborated as a result. Thus, it was assessed the 360 tour view tool offers advantages in supporting risks analysis and enhancing the comprehension of the complexity of industrial installations.

Keywords: Virtual Reality, 360 tour view, Risk Analysis, offshore.

SIGLAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo

AQR – Análise Quantitativa de Riscos

APR – Análise Preliminar de Riscos

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CCE – Cabeça de Comando Elétrico

CCPS – Center for Chemical Process Safety

DCBI – Dispositivo Contra Bloqueio Inadvertido

E-SE – What-if

F&G – Sistema de Detecção de Fogo e Gás

FMEA – Failure Mode and Effects Analysis

FMECA – Failure Mode, Effects and Criticality Analysis

GM – Gestão de Mudanças

HAZOP – Hazard and Operability Study

NFPA – National Fire Protection Association

PDs – Process Diagrams

P&IDs – Diagramas de Tubulação e Instrumentação

PLC – Programmable Logic Controller

PMA – Plataforma Machado de Assis

POB – Número de Pessoas a Bordo (People on Board)

PSV – Pressure Safety Valve

RTI – Sistema de Recomendações de Inspeção

SAP – Software de Gestão Empresarial do tipo de ERP (Enterprise Resources Planning)

SDV – Shutdown Valve

SGSO – Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional

SLOP – Ship load-on top

TAG – Identidade para cada máquina ou equipamento e sua localização na planta industrial

VSD – Conversores de frequência de acionamento de velocidade variável (variable speed drives)

1. INTRODUÇÃO

Um grande desafio da indústria de óleo e gás *offshore* é manter a planta de processo operacional, íntegra e segura. Devido à quantidade de equipamentos, variáveis de processo, influências climáticas externas, entre outros fatores, acidentes catastróficos podem ocorrer a partir do mal funcionamento de um aparato ou procedimento não seguido durante partida ou operação de uma unidade.

Na literatura especializada em acidentes de segurança de processos, há ampla gama de ocorrências cujas causas acidentais percorrem praticamente todas as disciplinas ou processos de controle industrial (CCPS, 2019).

A partir da década de 70, com o surgimento de abordagens em engenharia de confiabilidade (com notoriedade para o campo da confiabilidade humana) e com o maior desenvolvimento tecnológico, novas investigações puderam apontar mecanismos de falhas mais sutis, bem como, ampliar a percepção de pesquisadores e empresas acerca de aspectos culturais, de valores e das interações sociotécnicas entre humanos e equipamentos que podem levar a acidentes (CCPS, 2019).

Com respeito à integridade mecânica dos equipamentos, pode-se citar o acidente ocorrido na P-48 em março de 2016, onde um dos fatores da ocorrência foi a perda de contenção primária em uma tubulação que interligava os vasos de *SLOP* (*ship load-on top*) aos tanques de carga de bombordo e boreste, devido a uma elevada corrosão em um ponto no qual havia um suporte de tubulação, o produto liberado encontrou uma fonte de ignição o que levou a um incêndio (ANP, 2018).

Um outro acidente que pode ser citado, ocorreu em 11 de fevereiro de 2015, ocorrido na unidade *FPSO* Cidade de São Mateus, e que segundo o relatório de incidente da ANP (Agência Nacional de Petróleo), a exposição de pessoas ao cenário resultou em grande parte das vítimas e uma das causas raiz foi a falta de instruções claras no procedimento de resposta à emergência (ANP, 2015).

Outros diversos acidentes ocorreram causando impactos ao meio ambiente, às instalações, e às pessoas. Para fazer frente a esses desafios, e reduzir ao máximo as exposições ao risco e cenários catastróficos, a indústria tem investido esforços no desenvolvimento de tecnologias e variadas abordagens de gestão de segurança para mitigar riscos. Os

processos de governança tornaram-se cada vez mais robustos, critérios de aceitação de desempenho de sistemas críticos e barreiras preventivas e mitigadoras cada vez mais monitorados visto a complexidade de plantas de processo, não obstante, a busca por agilidade de processos de trabalho, criatividade e inovação permite agregar novas ferramentas para maior segurança nas instalações.

Uma das vertentes exploradas na indústria vem sendo a utilização da realidade virtual aumentada para auxiliar no mapeamento de riscos, além das formas de interação com as plantas de processo, a exemplo de ferramentas 3D (maquete digital), *Digital Twin*, *softwares* de realidade aumentada, inteligência artificial, entre outros. Oportunidades trazidas do cotidiano para garantir segurança, aumento de produtividade, minimização de custos no mapeamento de riscos, a exemplo da ferramenta de *tour* panorâmico virtual, onde é criado um ambiente virtual que se aproxima da realidade de uma planta.

O *software 360 tour view* é uma ferramenta digital (construindo aspecto de visão 3D) em ambiente computacional de realidade virtual que possibilita a visualização do *layout* e a navegação imersiva na instalação. Por meio de fotos panorâmicas de alta resolução, com atualização periódica das imagens, registradas ao longo da instalação, os ambientes podem ser visitados com boa definição e qualidade de imagem, permitindo ao usuário navegar com aplicações de *zooms* e rotações de 360 graus em todos os eixos vertical e horizontal.

O objetivo geral deste estudo foi a aplicação da ferramenta *360 tour view* em apoio a tomada de decisão a partir da identificação de riscos de cenários em análises qualitativas de Unidades de Exploração e Produção *Offshore*.

Este trabalho teve por objetivos específicos:

- a) Coletar dados e depoimentos do uso da ferramenta *360 tour view* em análises qualitativas de riscos;
- b) Avaliar possíveis ganhos que a ferramenta trouxe para melhor definição de hipóteses de consequências potenciais de cenários acidentais, de causas iniciadoras operacionais, modos de detecção e salvaguarda existentes e/ou a recomendar em instalações *offshore* do ativo Machado de Assis;

- c) Confirmar a aplicabilidade da ferramenta a partir de depoimentos de potenciais usuários que utilizam a ferramenta *360 tour view* no contexto de estudos de riscos e seus resultados práticos de forma a contribuir para a segurança de processos em uma planta *offshore*.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Realidade de uma instalação *offshore*

Um grande desafio da indústria de óleo e gás no ramo *offshore* é manter a planta de processo operacional, íntegra e segura de acordo com a intenção de projeto de uma instalação. Devido à diversidade de equipamentos e arranjos complexos (Figura 1), variáveis de processo, influências climáticas externas, limitação física para embarques, não se limitando somente a estes, acidentes e incidentes indesejáveis de segurança de processo e com impactos ao meio ambiente podem ocorrer a partir do mal funcionamento de um aparato ou procedimento não seguido durante partida ou operação de uma instalação industrial.

Figura 1 - Imagem ilustrativa da complexidade de uma planta industrial.



Fonte: Autoria própria (2023).

Com a finalidade de prevenir (ou mitigar) incidentes, habitualmente, são elaboradas análises de riscos, que devem ser revisadas periodicamente ou sempre que for identificada a necessidade durante a Gestão de Mudanças, ou quando houver um acidente, entre outras situações (SGSO, 2007).

As análises de riscos são importantes para a identificação de perigos em uma planta industrial, mas sua sistemática indutiva se limita a experiência e saberes do grupo multidisciplinar de análise. Com efeito, a sistemática pode se valer de inovações tecnológicas para complementar ou ampliar a visão do grupo de análise.

Conforme as Diretrizes para segurança de processo baseada em risco, do *CCPS* (adaptado *CCPS*, 2014):

“Uma concepção incorreta de risco em qualquer ponto [da cadeia de valor] poderia conduzir ou ao uso ineficiente de recursos limitados ou à aceitação inconsciente dos riscos, excedendo a tolerância real da empresa ou da comunidade.”

Para apoiar esse contexto, aplicativos de realidade virtual a exemplo de Ferramentas 3D (maquete digital), *Digital Twin*, *Softwares* de Realidade Aumentada etc. têm agregado conhecimento e minimizado incertezas em análises de riscos.

Trazido de experiências do cotidiano de passeio imersivo em ambientes reais, o 360 *tour view* pode contribuir como ferramenta de apoio às diversas análises de riscos por permitir a visualização dos sistemas de uma embarcação de forma remota, ao reduzir a necessidade de embarques de equipes de análise, confirmar arranjos e dispositivos descritos em diagramas de tubulação e instrumentação (*P&IDs*) e outros documentos de referência. E sobretudo, diminuir o tempo dedicado de operadores a bordo para acompanhar análises de riscos, uma prática habitual para garantia de assertividade das informações requeridas por equipes multidisciplinares de estudos qualitativos.

Desse modo, para fazer frente aos desafios impostos pela indústria *offshore*, o trabalho atual se baseia na hipótese e delimitações apresentadas a seguir:

Desafio:

As análises qualitativas de riscos são tradicionalmente limitadas e sujeitas ao conhecimento de um grupo multidisciplinar e aos recursos disponíveis (diagramas, relatórios, dados de sistemas informatizados de gestão).

Hipóteses:

Com a utilização da ferramenta *360 tour view*, espera-se a obtenção dos seguintes resultados:

- Ampliar alternativas de visualização das situações de campo trazem ganhos substanciais às análises de riscos, como a introdução de ferramentas digitais de *tour* imersivo podendo maximizar o conjunto de conhecimentos da equipe multidisciplinar.
- Os registros das imagens no *software* são feitos com uma frequência suficiente para garantir o acompanhamento das condições do processo de forma satisfatória.

Delimitação:

Embora o uso de ferramentas traga ganhos às análises, ainda há necessidade de conhecimento técnico prévio da operação da unidade por parte da equipe de análise para se elaborar uma análise de risco representativa.

2.2. Apresentação da ferramenta 360 *tour view*

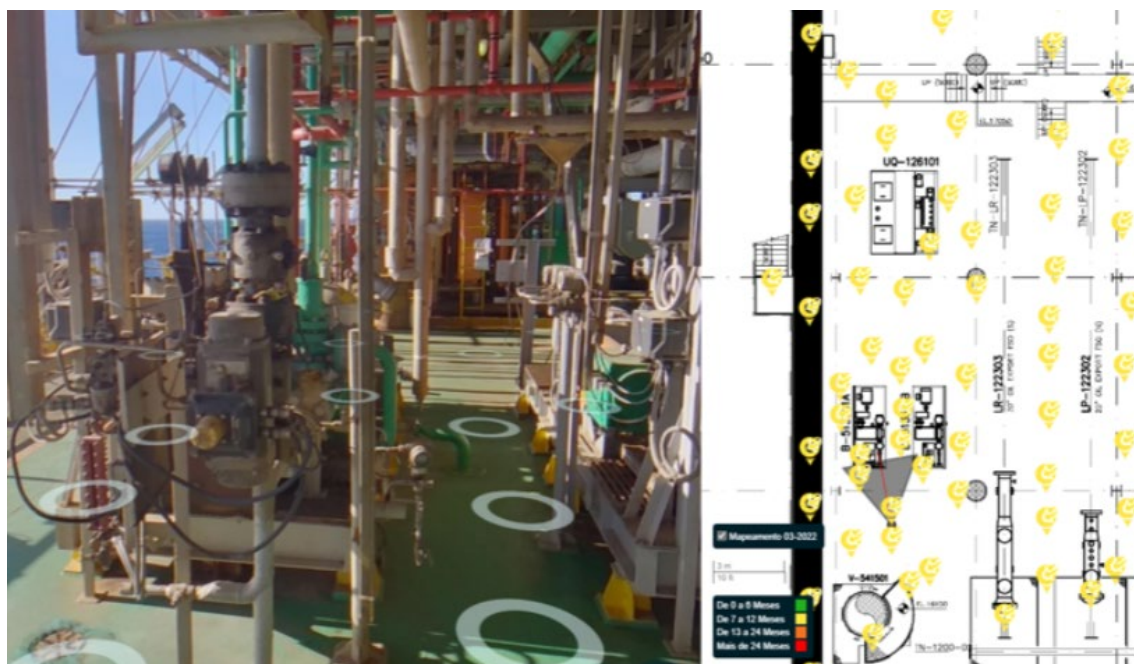
A ferramenta *360 tour view* é um aplicativo baseado em fotos em 360 graus de uma instalação industrial, tratadas e armazenadas de forma a reproduzirem um ambiente virtual que simula de forma imersiva uma unidade *offshore*. Seguem aplicações potenciais da ferramenta, não se esgotando aos itens listados:

- Diminuir incertezas em planejamento de intervenções complexas em paradas de manutenção, intervenções de rotina e inspeções.
- Apoiar no planejamento de logística e movimentação de cargas.

- Ampliar alternativas de treinamentos remoto e/ou verificação da conformidade de procedimentos à distância.
- Ampliar as alternativas de visualização de equipamentos e sistemas para avaliações de campo em Gestão de Mudanças.
- Reduzir a necessidade de embarques para verificações em campo, portanto ajudando a otimizar o número de pessoas a bordo (POB).
- Apoiar análises qualitativas de riscos.

A seguir é apresentada a Figura 2 em que são ilustradas como as tomadas de fotos panorâmicas do 360 *tour view* estão vinculadas digitalmente a diversos pontos de um diagrama de *layout* de equipamentos de uma planta industrial.

Figura 2 - Exemplo de visualização com a ferramenta 360 *tour view*.



Fonte: Autoria própria (2023).

Para garantir fidedignidade à condição de uma instalação, recomenda-se que as imagens utilizadas na plataforma sejam atualizadas de 3 a 5 meses (proposta autores). Este fator pode ser relevante quando associado à funcionalidade de banco de dados com histórico das atualizações, permitindo ao usuário análise das mudanças executadas ao longo do tempo, ou ainda do fator de degradação ou corrosão sofrida pela planta em um determinado período, a fim de otimizar um planejamento de manutenção.

Há, porém, algumas limitações, quais sejam: não é recomendada a utilização do aplicativo para executar inspeções visuais rotineiras, emissões de permissão de trabalho ou confirmar o sentido de fluxo de uma tubulação.

2.3. Estudos de riscos

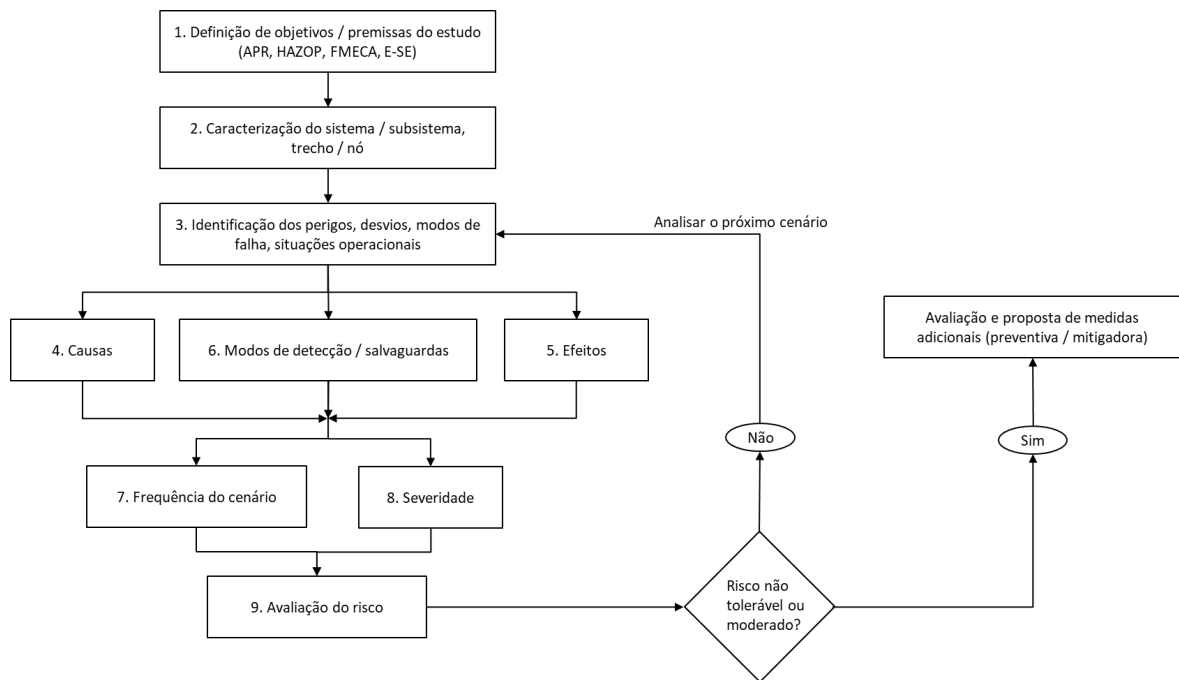
Estudos de Riscos são considerados um dos pilares da Gestão Baseada em Riscos – do inglês, *RBPS (Risk Based Process Safety)*. A “operação segura e manutenção de instalações que fabricam, armazenam, utilizam substâncias químicas perigosas devem exigir um sistema eficaz para identificar e julgar que riscos relacionados aos perigos estejam adequadamente controlados. O elemento de risco estabelece um processo de análise documentado e formal para todos os novos e existentes processos, através do seu ciclo de vida” (CCPS, 2014).

Para atender este princípio da Gestão Baseada em Risco, a indústria de óleo e gás se beneficia de técnicas de análises qualitativas de riscos, as quais estabelecem uma relação entre o potencial dano (ou perda)/ severidade através de matriz de riscos e após sua classificação, são analisadas e sempre que razoavelmente possíveis recomendadas medidas mitigadoras para o gerenciamento do risco.

O objetivo da gestão de riscos é compreender o fenômeno através da coleta de depoimentos e características apresentadas. De acordo com a Norma AS/NZS 4360 a realização de uma análise qualitativa requer a assunção de hipóteses (de falhas ou descontroles) ou utilização de termos (palavras guia) que procurem mensurar a intensidade das consequências de um determinado risco com as probabilidades de eles ocorrerem.

Na Figura 3 é apresentado um fluxograma com as principais etapas das técnicas de avaliação de riscos de sistemas comumente aplicadas na indústria. Via de regra nelas são cobertas as etapas de definição de objetivos e premissas, de identificação e delimitação de sistemas e perigos associados, de verificação das estratégias de defesas ou salvaguardas presentes, da categorização do risco e, por fim, quando necessário, apontar medidas de controle para manter os perigos dentro da faixa de tolerabilidade aceita por uma corporação ou comunidade.

Figura 3 - Fluxograma com as principais etapas das técnicas de avaliação de riscos



Fonte: Adaptado autores das principais técnicas comumente utilizadas pela Indústria.

Nas próximas seções deste trabalho são descritas as técnicas de análise qualitativas a serem aplicadas no desenvolvimento desse trabalho frente aos possíveis ganhos com apoio do *360 tour view* para melhor visualização de cenários acidentais.

2.3.1 Análise Preliminar de Riscos - APR

A Análise Preliminar de Riscos (APR) é uma técnica indutiva estruturada, para identificar os principais perigos e situações acidentais, suas possíveis causas e consequências, avaliar qualitativamente seus riscos, analisar as salvaguardas existentes e propor tanto ações quanto recomendações (CCPS, 2008).

2.3.2 Estudo de Perigos e Operabilidade - HAZOP

Segundo o livro de Diretrizes de Segurança de Processo Baseado em Risco (CCPS, 2014), o HAZOP (Estudos de Perigos e Operabilidade) é uma técnica que foi desenvolvida para identificar e avaliar os riscos à segurança em uma planta de processo, e identificar problemas operacionais, que, embora não perigosos, podem comprometer a capacidade de produção de uma planta.

O propósito do estudo de *HAZOP* é revisar cuidadosamente um processo ou operação de forma sistemática para determinar se desvios de projeto ou operacionais podem levar a consequências indesejáveis. A equipe lista possíveis causas e consequências do desvio, utilizando um conjunto de palavras-guia às variáveis de processo, bem como salvaguardas e elementos de detecção existentes protegendo contra os possíveis desvios. Quando a equipe determina que as salvaguardas existentes são inadequadas, geralmente recomenda-se que medidas sejam tomadas para reduzir o risco.

2.3.3 Failure Mode, Effects and Criticality Analysis - FMECA

A *FMECA* (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*) é um método de solução de problemas utilizado para identificar problemas potenciais (modos de falhas) no projeto, sistema ou processo e para determinar o impacto (efeito) desses problemas. Uma *FMECA* deve responder as seguintes perguntas: qual a probabilidade de falha de um projeto, processo ou sistema; por que a falha ocorreria; e em ocorrendo, como afetaria o ambiente ao redor e a segurança dos trabalhadores (*inspectioneering*, 2023).

Esta técnica é a extensão da *FMEA* (*Failure Mode and Effects Analysis*), que tabula os modos de falha de equipamentos e seus efeitos em um sistema ou planta podendo gerar recomendações para aumentar a confiabilidade de um equipamento ou sistema. Por vezes, analistas de risco atribuem uma categorização de “criticidade” à gravidade associada à falha de um componente em um *FMEA* (*CCPS*, 2008).

A partir da avaliação de situações indesejadas são apontadas medidas para redução da ocorrência de falha, mitigação de suas consequências ou para promover meios de detecção das causas que violam requisitos do sistema. É aplicável a vários níveis de decomposição do sistema, tais como, subsistemas, equipamentos ou componentes nas diversas fases do seu ciclo de vida.

2.3.4 What-if - E-SE

A técnica de análise E-SE é uma abordagem estruturada desenvolvida por um grupo de análise, formada por profissionais experientes ou familiarizados com o objeto de estudo. Possui estruturação similar a uma APR, contudo, de forma mais livre o grupo de trabalho

realiza *brainstorming* com situações ou dificuldades advindas de uma modificação na planta seja de tecnologia ou layout. Normalmente não necessita categorização de riscos, embora algumas corporações a apliquem com classificação de frequência e severidade (CCPS, 2008).

Segundo o livro do CCPS (2008), o propósito da análise E-SE é identificar riscos, situações perigosas ou sequência de eventos específicos que podem produzir consequências indesejadas. Um grupo experiente identifica situações anormais, suas consequências, salvaguardas existentes, em seguida sugere alternativas para redução de riscos quando oportunidades de melhorias são evidentes ou salvaguardas são julgadas inadequadas. O método pode envolver avaliação de desvios da intenção de projeto, construção, modificação ou necessidade operacional. Requer um conhecimento básico do processo associado ao exercício recursivo de possíveis desvios da intenção de projeto que podem resultar em um acidente. É, portanto, uma técnica que pode ser pertinente em alguns contextos se aplicada por equipe experiente, do contrário os seus resultados não trarão os ganhos esperados.

3. METODOLOGIA

As análises qualitativas de riscos, embora relevantes e largamente aplicadas na indústria, são circunscritas a abordagem tradicional e subjetivas ao conhecimento de um grupo multidisciplinar e aos recursos disponíveis como diagramas *P&IDs*, *PDs* (*process diagrams*) etc., relatórios e simulações, dados de sistemas informatizados de gestão etc. Sendo pautadas em avaliação documental e da experiência de campo do grupo de análise, podem não alcançar a completude dos possíveis perigos presentes em uma planta industrial. Portanto, ampliar alternativas de visualização das situações de campo trazendo ganhos substanciais à análise, como a introdução de ferramentas digitais de *tour* imersivo podendo maximizar o conjunto de conhecimentos da equipe multidisciplinar.

3.1. Abordagem proposta para coleta de depoimentos

Foram coletados depoimentos de analistas de riscos que utilizam o 360 *tour view* para apoio na aplicação de estudos APRs, *HAZOPs*, *FMECAs* e E-SEs (Quinquenais ou de Gestão de Mudanças), selecionados de plataformas do Ativo de Machado de Assis (nome

fictício para propósitos acadêmicos), ATP-MA, nas plataformas PMA-01, PMA-02, PMA-03 e PMA-04, identificando potenciais ganhos com a aplicação do 360 *tour view*.

Alguns aspectos puderam ser avaliados durante a aplicação da metodologia, tais como:

- O 360 *tour view* contribuiria para melhorar a definição prévia dos nós ou trechos de estudos qualitativos, comparado a metodologia tradicional de definição de cenários a partir de *P&IDs*, *PDs* etc.?
- Há condições particulares no arranjo da planta (condições habilitadoras ou fatores influenciadores de desempenho humano) que poderiam ser identificadas por meio do 360 *tour view*?
- O 360 *tour view* pode proporcionar ganhos para confirmação de instrumentação, válvulas, acessórios em geral em campo ou outros modos de detecção e salvaguardas que poderiam induzir uma tarefa inadvertida (ex.: válvulas idênticas)?
- O uso do 360 *tour view* poderia alterar o tempo de reunião das análises de riscos por detalhar ou fornecer mais informações acerca dos perigos dos cenários?

Os resultados foram obtidos a partir de relatos de situações observadas durante análises de riscos com a utilização do 360 *tour view*, na busca de evidências de aspectos importantes delineados nos cenários a serem estudados ou pontos de atenção na aplicação da ferramenta.

3.2. Pesquisa complementar sobre o uso do 360 *tour view*

Em complemento ao levantamento de depoimentos do item 2.4.1, de situações percebidas a partir do uso do 360 *tour view* em análise de riscos, foi elaborado um questionário com perguntas dirigidas a público-alvo de analistas de riscos, de engenheiros de processamento e petróleo e de supervisão operacional, que aplicam rotineiramente ferramentas ou participam de análise qualitativas, semiquantitativas ou envolvidos em estudos de consequência, seja para gestão de mudanças ou análises quinquenais.

A pesquisa buscou extrair informações de entrevistados da área *offshore* acerca de experiências com o uso de uma ferramenta de passeio imersivo em uma instalação industrial, ganhos observados na definição de riscos em cenários estudados e eventuais limitações ou melhorias que podem ser aplicadas ao ambiente computacional.

Na Tabela 1 seguem as perguntas contidas na consulta virtual por meio do *Microsoft Forms*[®].

Tabela 1 – Perguntas consulta virtual

Pesquisa <i>Microsoft Forms</i> [®]	
1	Você utiliza ferramentas como maquetes 3D, softwares de realidade aumentada, fotos etc. juntamente com <i>P&IDs</i> em apoio as suas atividades?
2	Em que trabalho você já utilizou a ferramenta?
3	Em quais estudos de riscos foram aplicados? (Mais de uma opção pode ser selecionada)
4	Você se recordaria de alguma situação em análise de riscos que o uso da ferramenta <i>360 tour view</i> teria trazido melhor definição dos nós ou trechos de estudos qualitativos ou riscos de um cenário caso tivesse sido utilizado, em comparação à metodologia tradicional de definição de cenários gerados a partir de <i>P&IDs</i> , <i>PDs</i> etc.? Cite exemplos
5	O <i>360 tour view</i> pode proporcionar ganhos para confirmação de instrumentação, válvulas, acessórios em geral em campo ou outros modos de detecção e salvaguardas que poderiam induzir uma tarefa inadvertida (ex.: válvulas idênticas)? Você vislumbraria ganhos no uso da ferramenta <i>360 tour view</i> em outras instalações diferente de plataformas marítimas? Cite exemplos:
6	Você já se encontrou em alguma situação em que somente foi possível realizar uma análise após coleta de informações <i>in locu</i> a bordo, ou ajuda de profissionais embarcados para confirmar situações importantes para a análise? E que o <i>360 tour view</i> teria apoiado, em ambos os casos, evitando a necessidade de embarque? Descreva:
7	Você vislumbraria ganhos no uso da ferramenta <i>360 tour view</i> em outras instalações diferente de plataformas marítimas? Cite exemplo de quais áreas:
7	Você vislumbraria ganhos no uso da ferramenta <i>360 tour view</i> em outras instalações diferente de plataformas marítimas? Cite exemplo de quais áreas:
8	De forma geral, qual a sua percepção de ganhos na aplicação de tais recursos para análises de riscos quinquenais ou em Gestão de Mudanças (GMs)?
9	Que sugestão você apresentaria para tornar o <i>360 tour view</i> mais efetivo como ferramenta de apoio em análise de riscos?
10	Você vê alguma limitação ou cuidado no uso do <i>360 tour view</i> em análises de riscos quinquenais ou de gestão de mudanças? Descreva quais limitações ou cuidados:

4. RESULTADOS

4.1. FMECA para avaliação de camada de proteção contra incêndio

A Plataforma Machado de Assis 01, PMA-01, realizou no primeiro trimestre de 2021 avaliação dos modos de falha do Sistema Fixo por CO₂ e cuidados operacionais advindos do estudo qualitativo.

O Sistema de Combate a Incêndio Fixo por CO₂ foi projetado para proteger salas operacionais normalmente não habitadas ou salas de controle (disparo sob piso elevado – cabeamento de controle e força) dotadas de equipamentos elétricos ou ativos de automação com risco potencial de princípio de incêndio. Há também estratégias de abatimento de princípios de incêndio no interior da carcaça de grandes máquinas.

A concepção do sistema prevê que os disparos sejam controlados e realizados por pessoal capacitado (pertencente à brigada) e sob o comando do Coordenador de Turno.

O sistema possui flexibilidade de disparo manual local ou remoto, respectivamente, a partir das botoeiras localizadas nas portas dos ambientes protegidos ou de botoeiras similares localizadas em painel da Sala Principal de CO₂.

Para garantia de prontidão e atendimento à norma *NFPA* 12, são realizados testes de desempenho do sistema com frequência anual (NFPA, 2008).

Em caso de princípio de incêndio, o volume/massa do agente CO₂ calculado para o ambiente protegido inundará a sala ou carcaça confinada de equipamentos de grande porte objetivando à extinção do incêndio e interrupção da cadeia acidental.

A utilização do 360 *tour view* foi determinante para ampliar a percepção do grupo de análise em terra acerca de todos os arranjos do sistema disponíveis na plataforma, sejam das baterias de disparo na sala principal ou demais baterias dedicadas para ambientes específicos (Figura 4).

A análise envolveu verificar os principais ambientes, equipamentos e dispositivos do sistema, a saber:

- Sala principal com baterias fixas: Das baterias de cilindros piloto e escravos, cabeça de comando elétrico (CCE) dos cilindros piloto, mangotes flexíveis, *header* secundário, válvulas direcionais (*check-valves*), *header* principal, com derivação para válvula *bleed* e medidor de pressão, válvulas direcionais (e CCE), medidores de pressão a jusante de cada direcional, linhas para ambientes protegidos, aspersores de teto ou sob o piso elevado e sinalizadores sonoro (buzina) e visual.
- Incluindo o painel de disparo remoto manual da Sala Principal de CO₂, *PLCs* de Segurança.

Figura 4 – Detalhe Sala de Cilindros Principal, bateria de cilindros piloto e secundário, válvulas direcionais, cabeças de comando elétrico etc.



Fonte: Adaptado, PMA-01 (2023).

Com apoio da ferramenta *360 tour view* foi possível definir de forma mais clara os tipos de ambientes a serem agrupados e avaliados separadamente, uma forma de definição dos trechos ou cenários, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de ambientes – Sala de Cilindros ou salas protegidas.

Ambientes	Critério
Ambiente Tipo 1	Sala Central de Cilindros.
Ambiente Tipo 2	Ambientes com painéis elétricos, transformadores e painéis de controle.
	Ambiente com painéis elétricos e transformadores, atendido por bateria de cilindros de CO ₂ independente.

Tabela 2 – Tipos de ambientes – Sala de Cilindros ou salas protegidas (continuação).

Ambientes	Critério
Ambiente Tipo 3	Ambiente atendido por bateria de cilindros de CO ₂ independente, com descarga simultânea para piso e teto falsos de todas as salas.
Ambiente Tipo 4	Ambiente atendido por bateria de cilindros de CO ₂ independente, com descarga sob o piso falso e por aspersores no ambiente da Sala de Controle.

Ademais, o passeio virtual observando as configurações de equipamentos na sala principal de CO₂ e demais baterias dedicadas, a disposição relativa dos elementos constituintes dos sistemas nessas salas ou painéis, a avaliação dos principais modos de falha dos elementos elétrico, eletrônicos e mecânicos etc., permitiu melhor compreensão à equipe de análise acerca da complexidade envolvida e potenciais falhas, o que não seria possível apenas a partir de diagramas *P&IDs* e textos e fotos contidos em manuais de operação do sistema.

Desse modo, a avaliação pormenorizada das falhas potenciais (Tabela 3) associada ao apoio do 360 *tour view* produziu recomendações visando: atualizações em procedimentos operacionais considerando as diversas formas de atuação manual do sistema (local das portas dos ambientes protegidos ou remota da sala principal), a necessidade de exercícios de adestramento (simulados) com melhor cobertura das funcionalidades do sistema para a brigada, entre outros aspectos operacionais.

Tabela 3 – Alguns Modos de Falhas e suas Causas considerados na Análise *FMECA*.

Modo de Falha	Causas
Atuação inadvertida do Sist. Fixo por CO ₂	<u>Mecanismo e Causas de Falha:</u> Montagem: - Mistura de componentes de fabricantes diferentes (cabeças de comando elétrico [CCE] e cabeça de descarga de diferentes fabricantes). - Dimensões fora das tolerâncias (de mesmo fabricante). - Impacto mecânico de objetos. - Falhas de montagem e de ajustes in loco. (ex.: Pino de disparo do cilindro (pino da CCE) não totalmente retraído).

Tabela 4 – Alguns Modos de Falhas e suas Causas considerados na Análise *FMECA* (continuação).

Modo de Falha	Causas
Atuação inadvertida do Sist. Fixo por CO ₂	<u>Mecanismo e Causas de Falha:</u> Mecanismo I: - Fadiga, histerese, envelhecimento, corrosão e desgaste de materiais, peças e componentes. - Sujidade, ingresso de água e/ou poeira (alterações na lubrificação e atrito interno). - Excesso de vibração local. Mecanismo isolamento elétrica: - Curto-circuito do cabeamento da CCE com condutores energizados. - Indução, descargas elétricas e/ou surtos de energia momentâneos que possam emular o sinal de disparo.
Vazamento lento de CO ₂ para header pela válvula do cilindro	<u>Mecanismo e Causas de Falha:</u> - Desgaste na sede da válvula do cilindro - Falhas nos elementos de vedação
Ruptura do mangote flexível	<u>Mangote:</u> - Falha na fixação ou aperto das conexões do mangote, ou rosca montada/enjamburada. - Danos no mangote: ressecamento, trincas, rachaduras, trama de aço, danos fios de rosca da conexão etc. - Raio de curvatura do mangote acentuado, além do especificado. - Vida útil e validade de testes hidráulicos.

Por fim, o caminhar imersivo pelo 360 *tour view* ensejou a constatação que uma das caixas de botoeira de disparo remoto manual, adjacente a ambiente protegido, não se encontrava corretamente instalado, conforme projeto, situação que foi prontamente corrigida pelas equipes de bordo (reposicionada ao lado da porta de acesso, do lado de fora da sala – Figura 5), antes do término da análise, destaque-se, outro ganho concreto

vivenciado durante a análise e percebido remotamente durante reunião virtual com a aplicação da ferramenta.

Figura 5 – Caixa de botoeiras de disparo remoto manual posicionadas incorretamente.



Fonte: PMA-01 – Autoria própria (2023).

4.2. E-SE para Gestão de Mudança de substituição de equipamento elétrico

No quarto trimestre de 2021, a PMA-02 necessitou realizar análise de riscos para GM para verificar os riscos operacionais advindos da retirada de transformador de potência de conversor de frequência danificado e instalação de nova unidade. Para realização do

serviço previa-se a abertura ou corte da parede lateral da sala e construção de um habitáculo para remoção do equipamento.

Os conversores de frequência *VSD* da plataforma formam um conjunto de três equipamentos de potência destinados à alimentação elétrica de bombas de *topside* cuja função é a injeção de água tratada de produção nos reservatórios. O controle de tensão elétrica e frequência dos conversores para o sistema de bombeamento auxilia na estratégia atual de elevação forçada da produção devido aos campos serem maduros.

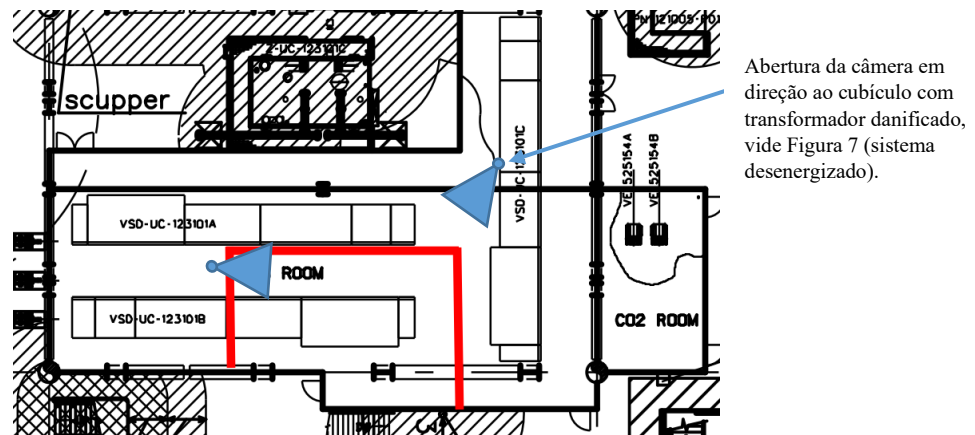
Os conversores de frequência são alimentados em 13,8 kV, em corrente alternada (CA), e são constituídos de etapas ou subsistemas de: alimentação de potência por meio de transformador (etapa CA), retificação e barramento em corrente contínua (etapa CC), inversão (CA) e controle. Por meio do transformador de potência, com vários enrolamentos de saída, promove-se a alimentação dos módulos de potência de retificação/inversão de frequência, os quais sintetizam a forma de onda senoidal de alimentação de cargas elétricas trifásicas. A saída do conversor alimenta o cabeamento trifásico que se estende até a bomba elétrica submersível, a qual também opera em alta tensão.

A análise E-SE foi selecionada por se tratar de mudança sem potencial de perda de contenção ou desvio operacional, outrossim avaliava-se a retirada de equipamento de grandes dimensões e provável interferência ou degradação de barreiras físicas e sistemas automáticos a exemplo do Sistema Fixo por CO₂.

Para esse fim o grupo de análise contou com o apoio do 360 *tour view* para avaliação, primeiramente, da condição de perda de eficiência de refrigeração da sala de conversores de frequência, sob pena do aumento da temperatura na sala causar pane nos outros conversores em operação, pois são equipamentos de eletrônica potência com chaveamento de elementos de estado sólido à frequência elevada, com consequente dissipação de potência elétrica por perdas ôhmicas, desse modo com sensível controle de temperatura da sala.

É ilustrado na Figura 6 a seguir detalhe do local de instalação do habitáculo (linha vermelha) para isolar o transformador com defeito do resto da sala e permitir a sua retirada pela remoção da parede lateral da sala de conversores.

Figura 6 – Ilustração instalação habitáculo sala de conversores.



Fonte: PMA-02 – Autoria própria (2023).

Figura 7 – Detalhe cubículo transformador de potência - sala de conversores.



Fonte: PMA-02 – Autoria própria (2023).

Segundo testemunho, o objeto analisado representava um desafio pelo fato de o tema não ser normalmente abordado em análises de riscos, assim a sistemática de análise pôde se beneficiar do uso do 360 *tour view* sem necessidade de embarque na plataforma.

Um dos pressupostos adotados foi de que os trabalhos de substituição do transformador impunham a presença constante de pessoas no ambiente, confrontando-se o risco operacional de disparo do Sistema Fixo por CO₂.

O caminhar imersivo da ferramenta permitiu confirmar a efetividade da estratégia operacional, de bloqueio da válvula de lockout do sistema de CO₂ impedindo atuações espúrias na sala.

Para restabelecer o sistema fixo na sala com o habitáculo implantado, foi confirmada a existência de quatro portas no ambiente da mudança e que o habitáculo eliminaria apenas uma das portas de fuga e par de botoeiras adjacente a porta de forma temporária, sem prejuízos ao sistema de proteção.

Foi verificado a partir do 360 *tour view*, articulando-se a foto para visão do teto da sala, que o interior do habitáculo abrangia apenas um dos bicos de aspersão de CO₂ e, em havendo a sua atuação espúria, o agente extintor disparado no habitáculo seria disperso pela abertura na parede. Registre-se, outrossim, que os procedimentos locais previam a inibição do Sistema Fixo de CO₂ quando de atividades permanentes ou por tempo prolongado no interior de sala elétricas.

O passeio imersivo permitiu verificar também que os trabalhos obstruíam uma das rotas de fuga da plataforma (corredor externo de retirada da parede para substituição do transformador) e, portanto, foi recomendado dar ciência às coordenações e às equipes de bordo acerca do obstáculo de uma das rotas de fuga e necessidade de bloqueio e criação de rota alternativa de forma provisória.

No testemunho da guia, para a mudança envolvida, foi fundamental o uso do 360 *tour view* para visualização do ambiente e riscos enfrentados. Segundo relato, aplicações de instalação de novos equipamentos a ferramenta é fundamental para verificar limitações físicas, arranjos, interferências etc. com forte apelo para riscos de processo ou ocupacionais.

4.3. APR e HAZOP para GM de instalação de container de ar comprimido

A PMA-02 realizou no primeiro trimestre de 2022 análise de riscos para GM de instalação de container alugado com compressor diesel de ar comprimido, a ser conectado ao sistema de ar de instrumento/serviço da plataforma, suprimindo a demanda de compressor retirado para manutenção.

O sistema de ar comprimido de instrumentos é dimensionado para promover a operação das válvulas de controle e *shutdown*, assim como para outros serviços na planta de processo e nos sistemas navais.

O ar comprimido requerido pelos instrumentos e outros serviços é provido por unidades de ar comprimido de instrumentos/serviço. O ar comprimido passa por secadora de ar para controle do ponto de orvalho. Este ar seco é usado para instrumentos e serviço.

O ar de instrumentação é enviado através da válvula de saída do vaso de ar de instrumentos para o anel de ar de distribuição no compartimento de utilidades, convés principal, compartimento de distribuição geral e painéis.

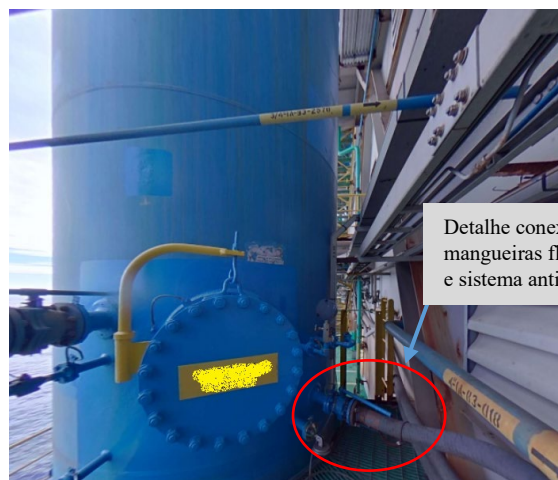
Um dos compressores destinados à manutenção forma conjunto de duas unidades do tipo rotativo, livres de óleo, de dois estágios de compressão, acionados por um motor elétrico com sistema de resfriamento do ar com água doce.

Foram realizadas análises *APR* e *HAZOP* compreendendo os trechos envolvidos e, avaliados riscos de operabilidade da inclusão do novo equipamento e consequências de sua possível parada ou bloqueio para o processo, verificando-se os desvios operacionais do novo equipamento interligado ao sistema de ar comprimido.

No contexto do cenário de Fluxo Reverso, com o uso do 360 *tour view*, foi percorrido o caminho que as mangueiras flexíveis traçariam desde o container do conjunto motor e compressor até os vasos pulmão do sistema de suprimento de ar para a plataforma. Foi observada forma de conexão das mangueiras flexíveis aos vasos, decidindo-se empregar cabo anti chicoteamento, bem como constatada a ausência de válvula de retenção na entrada do vaso pulmão (Figura 8a). Para o último item foi solicitado ao operador incluir no *check-list* de operação, tarefa de área para observar e manter a válvula do compressor alugado reserva fechada, evitando-se contrapressão.

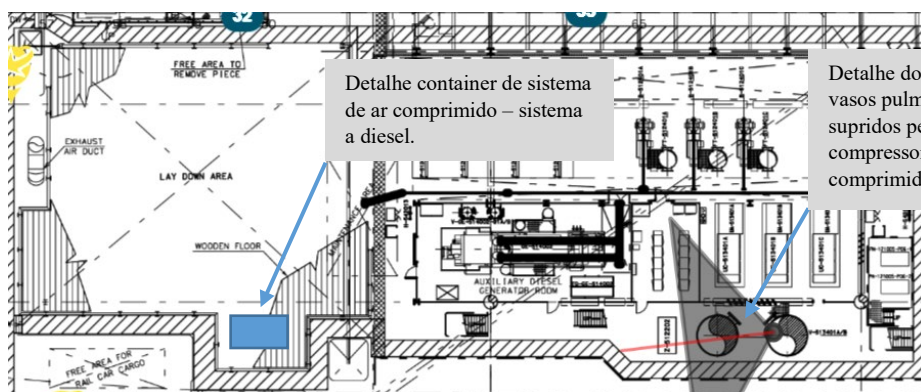
Com o passeio imersivo e entendimento da disposição relativa dos equipamentos, foi considerada a possibilidade de formação de atmosfera explosiva, e identificado que o compressor alugado não possuía interface para comando de *shutdown* de emergência em caso da necessidade do seu desligamento. Foi recomendada medida de instalação de infraestrutura e cabeamento para desligar remotamente o compressor.

Figura 8 – Detalhes vasos pulmão, conexão mangueira flexível e container conjunto motor compressor de ar comprimido.



Detalhe conexão de uma das mangueiras flexíveis a vaso pulmão e sistema anti chicoteamento.

(a) Vaso pulmão e ponto de conexão da mangueira flexível



Detalhe container de sistema de ar comprimido – sistema a diesel.

Detalhe dos dois vasos pulmão supridos pelos compressores de ar comprimido.

(b) Disposição container e vasos pulmão



(c) Container conjunto de suprimento de ar comprimido

Fonte: PMA-02 – Autoria própria (2023).

4.4. FMECA para GM de disjuntor

No segundo trimestre de 2022, a PMA-03 realizou análise de riscos de modos de falha e seus efeitos para GM de modificação interna de disjuntores de fabricante europeu (comando e intertravamento), para retirada da alimentação elétrica do motor auxiliar que desempenha a função de carregamento automático da mola de fechamento do equipamento, abrangendo às demais unidades similares existentes (*retrofit*).

Os modelos dos disjuntores fazem parte de painel de distribuição ou alimentação elétrica de cargas essenciais e motóricas da produção (Figura 9). São disjuntores do tipo *Masterpact* utilizados para a proteção e o comando de cargas elétricas em média baixa tensão (BT). O disjuntor é de fechamento e abertura rápida por acumulação de energia nas suas molas. O mecanismo é carregado manual ou eletricamente. O fechamento e a abertura são feitos por ação sobre os respectivos botões da face frontal ou à distância (Schneider, 1998).

Figura 9 – Detalhe painel de distribuição ou alimentação elétrica de cargas essenciais e motóricas.



Fonte: PMA-03 – Autoria própria (2023).

A mudança envolveu análise *FMECA* da perda de funcionalidade de rearme automático da mola de fechamento do disjuntor e comodidade para realimentação elétrica das cargas. Tal alteração impôs modificação da rotina operacional de partida de equipamentos de produção e facilidades.

Durante a análise, a aplicação do 360 *tour view* permitiu se observar que a mudança de forma de interação do usuário com o painel elétrico e o disjuntor de média baixa tensão implicaria em maior risco elétrico e, portanto, foram reforçadas medidas de bloqueio ou intertravamento de segurança do equipamento, de uso de vestimentas adequadas para

manobras operacionais, bem como de comunicação para as equipes da redução de flexibilidade de partida das cargas dos painéis abrangidos pela mudança.

4.5. Percorrendo a linha no *HAZOP*

No terceiro trimestre de 2022, a PMA-04 realizou reavaliação de cenários de análise de referência *HAZOP* como parte das práticas de gestão locais de identificação, avaliação e gerenciamento de riscos operacionais relacionados à segurança de processos, durante todo ciclo de vida das instalações, processos e produtos.

Parte da análise envolveu avaliar trechos do sistema de geração de emergência e essencial da plataforma. A geração essencial é constituída de um gerador diesel em 480 V instalado juntamente com os equipamentos auxiliares e de controle em um container, no *Cellar Deck*, ao lado da geração de emergência que também é constituída por um gerador diesel em 480 V e também instalado em container dedicado.

A geração principal conta com três turbogeradores em 13,8 kV, instalados no *topside*, localizados ao lado da sala de painéis principais. A distribuição de energia elétrica principal é feita em 13,8 kV, por meio de painéis com saídas que alimentam diretamente os equipamentos que operam nesse nível de tensão ou através de transformadores abaixadores para a tensão 480 V; esses transformadores alimentam os painéis de distribuição em média baixa tensão PN-PMA-01 e PN-PMA-02.

Os geradores essencial e de emergência alimentam respectivamente o painel de distribuição essencial PN-PMA-03 e o painel de emergência e PN-PMA-04, ambos em 480 V.

Conforme relato, o grupo de análise pôde se beneficiar em diversos momentos pela aplicação do 360 *tour view* dirimindo dúvidas acerca de detalhes dos arranjos físicos dos equipamentos, não prontamente esclarecidos a partir dos diagramas de referência.

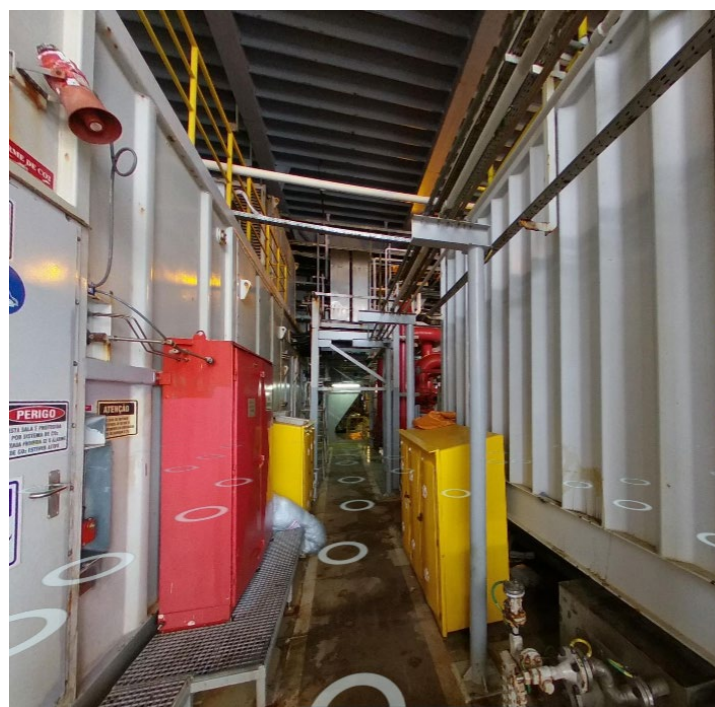
Uma das experiências envolveu o nó do sistema de geração de energia elétrica de emergência. Em avaliação do desvio Nível Maior, com o 360 *tour view*, foi possível visualizar que o *vent* de um tanque estava posicionado em cota inferior ao extravasor do

mesmo. Logo, em um cenário de “atolamento” o fluxo seria direcionado pelo *vent* ao invés do extravasor (Figura 10a).

Figura 10 – Detalhe *vent* e linha de transbordo no topo do container do gerador diesel e perímetro ao redor do mesmo.



(a) Disposição relativa *vent* e linha de transbordo.



(b) Passear imersivo no perímetro do container de geração para avaliação da severidade de cenários de perda de contenção.

Fonte: PMA-04 – Autoria própria (2023).

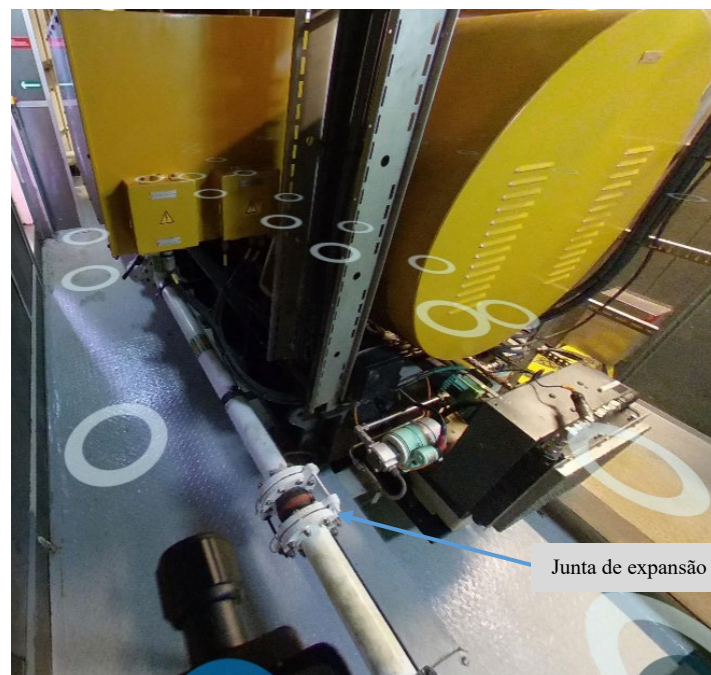
O passeio imersivo do *software* permitiu se perceber elevação superior da linha de transbordo em relação a de *vent*, disposição não esperada e previsto o contrário.

Outro destaque foi relativo à definição da Severidade do cenário de possibilidade de incêndio em poça em caso de transbordo do combustível do container de armazenamento. O grupo de análise pôde percorrer virtualmente o perímetro do tanque e constatar baixa probabilidade de sistemas no seu entorno que pudessem oferecer superfície quente para ignitar o líquido em perda de contenção (Figura 10b).

Outro testemunho interessante foi atribuído a dificuldade de identificação de um dispositivo constante na linha de água de resfriamento do gerador essencial no diagrama *P&ID* (pacote do projeto do gerador), não detalhado no diagrama, cuja simbologia não fazia parte dos símbolos conhecidos localmente pelo corpo técnico.

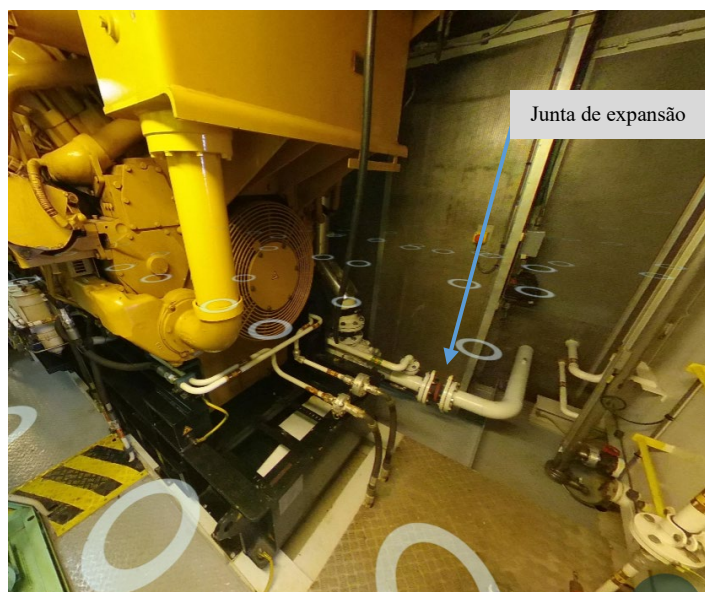
Com a oportunidade de se percorrer virtualmente a linha, o grupo pôde localizar o dispositivo e levantou a hipótese (Figura 11), posteriormente confirmada, de se tratar de junta de expansão destinada a absorver esforços das linhas sobretudo vibrações esperadas na operação do gerador diesel.

Figura 11 – Junta de expansão na linha de água de resfriamento do gerador.



Fonte: PMA-04 – Autoria própria (2023).

Figura 11 – Junta de expansão na linha de água de resfriamento do gerador (continuação).

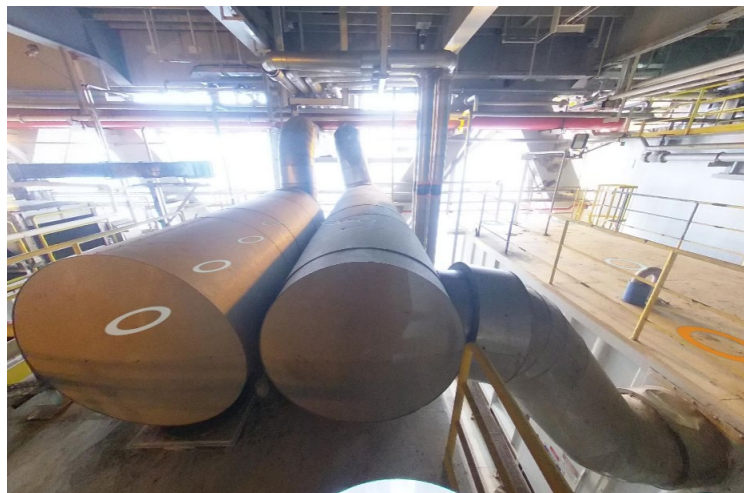


Fonte: PMA-04 – Autoria própria (2023).

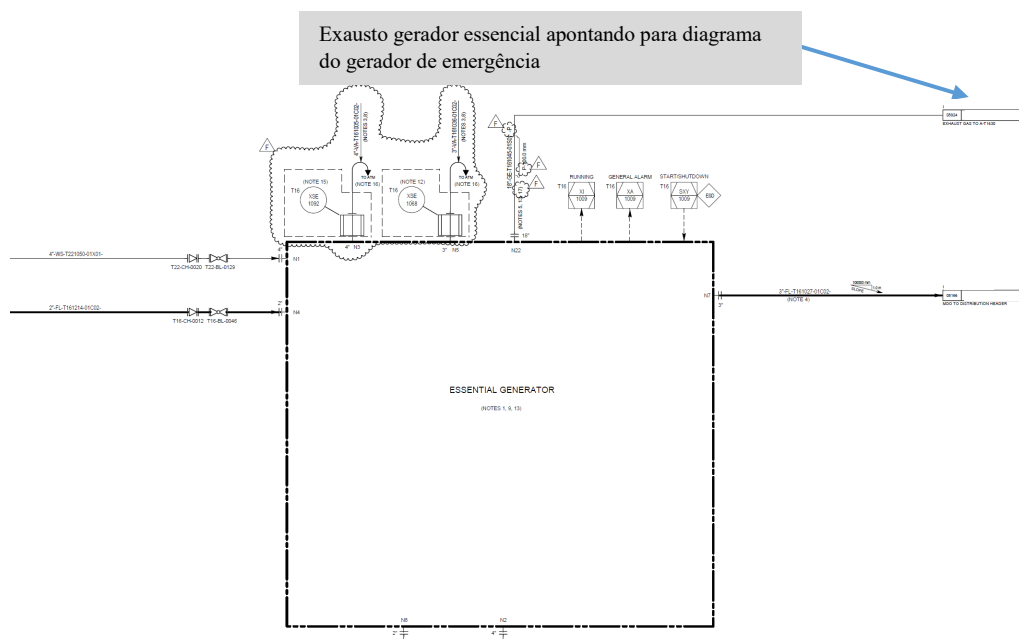
Outro momento da análise foi referente às linhas de descarte de gases de combustão dos geradores de energia elétrica da plataforma, que na ilustração de um dos *P&ID* indicava a exaustão de gases do gerador essencial apontando para o diagrama do gerador de emergência (Figura 12a). Fato estranhado pelo grupo de análise e que exigia aprofundamento. Ademais, investigando-se o diagrama referenciado do pacote do fornecedor do gerador de emergência não se constatou detalhamento ou ilustração da linha de exaustão do gerador essencial.

O passeio virtual do 360 *tour view* descortinou a resposta para o grupo de análise, que a linha de exausto em questão havia sido representada no diagrama do gerador adjacente devido ao encaminhamento físico das duas exaustões ser lado a lado, conforme ilustração a seguir: a linha de exausto do gerador essencial aflora do seu container e se apoia no teto do container do gerador de emergência permitindo as duas exaustões emergirem em encaminhamento livre de obstruções para alcançarem maiores elevações da plataforma.

Figura 12 – Identificação de encaminhamento percorrendo a linha por meio do 360 *tour view*.



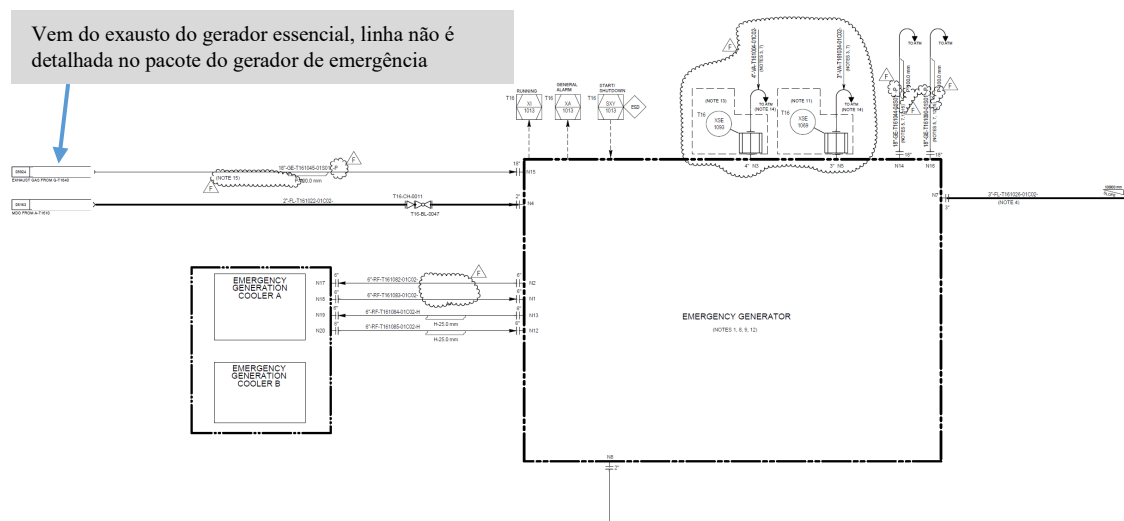
(a) Linha de exausto do gerador essencial se apoiando no teto do container do gerador de emergência.



(b) *Exausto do gerador essencial referenciando continuação para o diagrama do gerador de emergência.*

Fonte: PMA-04 – Autoria própria (2023).

Figura 12 – Identificação de encaminhamento percorrendo a linha por meio do 360 *tour view* (continuação).



(c) *Exausto do gerador essencial referenciando continuação para o diagrama do gerador de emergência.*

Fonte: PMA-04 – Autoria própria (2023).

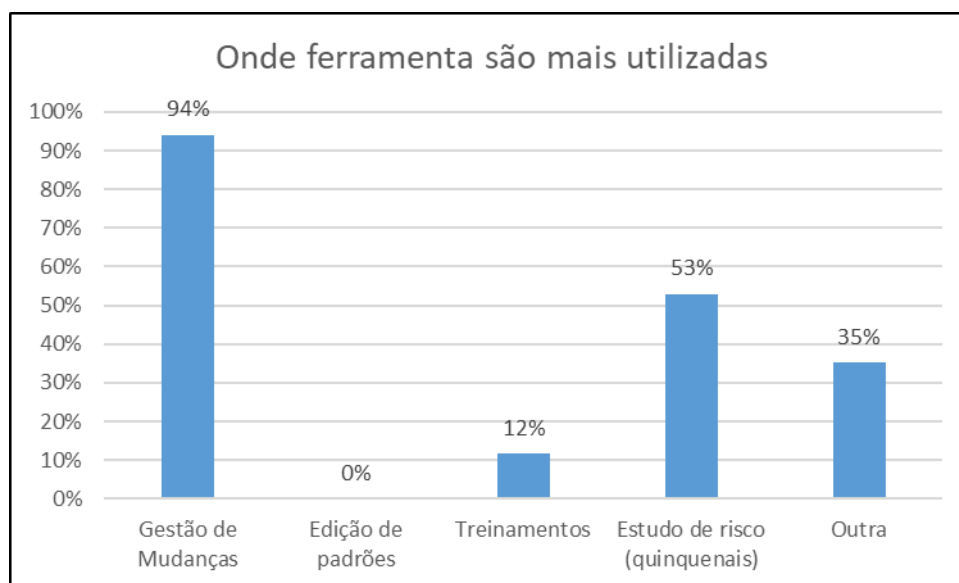
4.6. Pesquisa com analistas de riscos

Em complementação a coleta detalhada de experiências de análise de riscos recentes com o uso do 360 *tour view*, itens 3.1 a 3.5, foi encaminhada pesquisa para 20 pessoas, durante o período de 13 dias, abrangendo os cargos de: analistas de riscos, engenheiros de processamento e petróleo e supervisor de instalações *offshore* que utilizam rotineiramente ferramentas de análise de risco seja para gestão de mudanças ou análises quinquenais.

Dos respondentes, aproximadamente 94% afirmaram utilizar ferramentas como maquetes 3D, *softwares* de realidade aumentada, fotos etc. juntamente com *P&IDs* em apoio as suas atividades.

Com a opção de marcar mais de uma resposta, os respondentes afirmaram que utilizam a ferramenta 360 *tour view* em gestão de mudanças (94% das pessoas) e em análises de riscos quinquenais (53% dos respondentes), vide Figura 13.

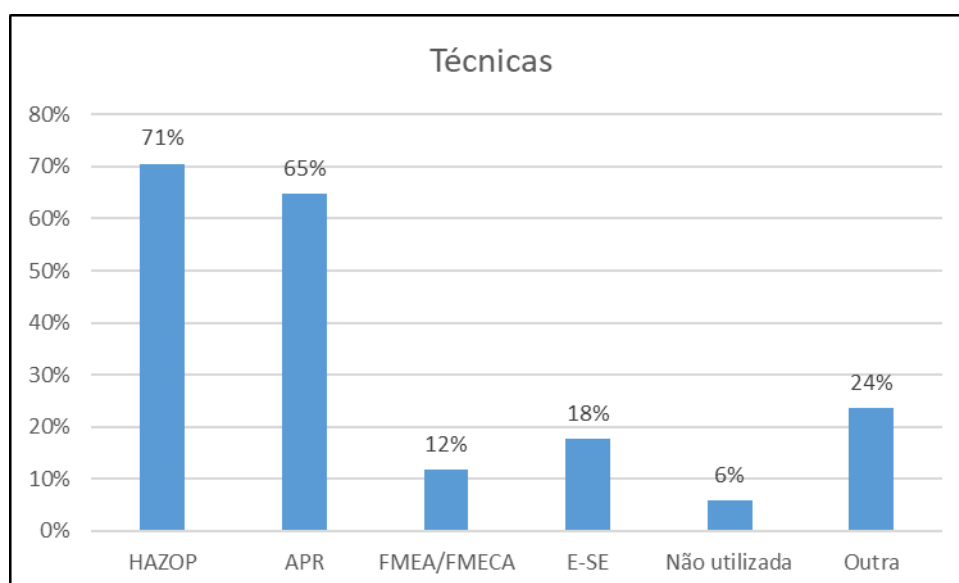
Figura 13 – Respondentes: processos nos quais o 360 *tour view* é mais utilizado.



Fonte: pesquisa acadêmica, autores (2023).

As técnicas de análise de risco mais utilizadas com apoio do 360 *tour view* foram *HAZOP* e *APR* com 71% e 65% respectivamente (Figura 14).

Figura 14 – Respondentes: técnicas de análise de riscos com uso do 360 *tour view*



Fonte: pesquisa acadêmica, autores (2023).

A pesquisa nos trouxe que 74% dos respondentes recordaram de uma situação em análise de riscos que o uso da ferramenta 360 *tour view* pôde trazer uma melhor definição dos nós ou trechos de estudos qualitativos ou riscos de um cenário. Na tabela 4 a seguir são trazidos os casos citados:

Tabela 5 – Relatos de situações descritas na pesquisa *Microsoft Forms*[®]

Exemplos
“Identificação de atendimento do Sistema de Detecção de Fogo e Gás (F&G), identificação de bacias de contenção, identificação de equipamentos próximos passíveis de serem "molhados" pela perda de contenção, Identificação de acesso às válvulas para verificar probabilidade de acionamento indevido, ou aplicabilidade de um bloqueio (DCBI).”
“Análise de riscos realizada para instalação de <i>skid</i> provisório de tratamento de água oleosa da unidade, foi necessária a checagem da planta utilizando a ferramenta, identificando linhas que estavam diretamente sobre o mar.”
“Definição de locais de vazamento de linhas contendo fluidos de processo e que atravessam diversos módulos da plataforma.”
“Através desta ferramenta, foi possível verificar a efetividade de uma barreira mitigadora (contenção para cenário de perda de contenção) onde não era possível pelos <i>P&IDs</i> .”
“1- Pela ferramenta foi possível verificar o tipo de selo que determinadas bombas possuem. Isso foi importante para mensurar o tipo de dano que as bombas estariam submetidas em caso de fluxo reverso. 2- Pela ferramenta foi possível verificar que não existia corta-chama em linha de <i>vent</i> , diferente daquilo que o <i>P&ID</i> indicava.”
“Estávamos realizando uma análise de risco para uma GM, e precisávamos entender melhor o local e as condições da instalação, então recorremos as imagens do 360 para obtermos as informações necessárias.”
“Verificou-se por meio da ferramenta do 360 <i>tour</i> que o trecho a ser considerado era muito longo, então o trecho foi subdividido e considerado como divisor uma outra válvula de isolamento de inventário (<i>SDV</i>) do processo.”
“Principalmente, apresentação do local exato do objeto em análise para a equipe, para melhor definição do risco.”
“Para a definição de nó não. Instalações de equipamentos alugados que pudessem obstruir rota de fuga e equipamentos de segurança; Posicionamento de <i>vent</i> , exaustores e entradas de ar.”

Tabela 4 – Relatos de situações descritas na pesquisa *Microsoft Forms*[®] (continuação).

Exemplos
“Esta ferramenta é fundamental para demonstrar a equipe a localização real dos equipamentos e tubulações. Deste modo, a equipe consegue visualizar o nível de congestionamento de uma área e apurar sua percepção de risco a respeito das possíveis consequências de uma perda de contenção. A experiência em que esta ferramenta foi fundamental para definição do escopo da análise foi em GM contingencial onde se analisou o risco de operação com trechos trapeados do sistema de injeção de gás em plataformas replicantes. Para avaliação de risco contingencial (APR) desta GM o 360 <i>tour view</i> foi utilizado para verificar o local onde as tubulações trapeadas percorrem, bem como localização de alguns flanges considerados críticos.” “Nas APRs é importante verificar os módulos onde estão os trechos, como estão posicionadas as contenções secundárias, os detectores de gás/fogo e acho que isso auxiliaria melhor na construção do trecho de análise e na avaliação do risco.” “Mapear cenários em que pode ocorrer caminho preferencial pelo arranjo de tubulação. Avaliar possibilidade de dificuldade operacionais por possível acúmulo de líquido na descarga de válvulas de alívio de pressão (<i>PSVs</i>). Avaliar a pertinência (ou não) de considerar um detector de gás como salva guarda.”

Para 100% dos entrevistados através da pesquisa, o 360 *tour view* pôde proporcionar ganhos para confirmação de instrumentação, válvulas, acessórios em geral em campo ou outros modos de detecção e salvaguardas que poderiam induzir uma tarefa inadvertida. Casos como confirmação de instrumentos, válvulas que não estão corretamente indicadas no *P&ID*, ou identificação de posicionamento de detectores de fogo e gás, além de confirmação de posicionamento de corta-chamas e verificação de alinhamentos, foram citados.

Situações sobre se uma válvula manual representada no *P&ID* estava a montante ou a jusante de determinada derivação na tubulação e durante a aplicação de técnicas de Análise de Confiabilidade Humana foi necessário verificar se a válvula a ser manipulada durante uma tarefa crítica poderia ser confundida com outra ou se estava localizada em ponto de difícil acesso, foram citados que somente foi possível realizar uma análise após coleta de informações *in locu* a bordo, ou ajuda de profissionais embarcados para confirmar situações importantes para a análise e que o 360 *tour view* teria apoiado, em ambos os casos, evitando a necessidade de embarque. Neste quesito 74% dos respondentes reconheceram situação similar.

A pesquisa questionou se os respondentes vislumbravam o uso da ferramenta para além de plataformas marítimas, 83% responderam que sim, sendo citadas instalações de refino de petróleo, terminais de gás, indústrias farmacêuticas etc.

Entrevistados também puderam apontar ganhos na aplicação de recursos como o *360 tour view*, como confirmação de espaços físicos, acessos a válvulas, posição de equipamentos, possíveis obstruções, além da facilidade de apresentar o local para componentes da equipe que participavam da análise e que não conheciam a instalação, facilidade na visualização da possibilidade de implementação de contingências propostas, confirmação de informações importantes não contidas em *P&ID*, redução do tempo de resposta nas situações de confirmação com o pessoal de bordo etc.

Sugestões para tornar o *360 tour view* mais efetivo como ferramenta de apoio em análise de riscos foram apresentadas na pesquisa, seguem na tabela abaixo:

Tabela 6 – Sugestões para tornar o *360 tour view* efetivo em análises de riscos

Sugestões
“Tornar a ferramenta como recomendável (não obrigatória) para auxiliar análises de risco.”
“Entendo com o próximo passo a utilização de nuvem de pontos (escaneamento a laser) para visualização atualizada das instalações.”
“Ilustrar a implementação de recomendações de análises de riscos, exemplificando algum item físico em campo.”
“Inclusão no <i>360 tour view</i> da identificação (<i>TAGs</i>) de equipamentos mais importantes e um campo de busca que direcionaria diretamente para tal equipamento (tipo existe no <i>google maps</i> [®]).”
“Permitir busca rápida por <i>TAG</i> (similar ao que ocorre em outros aplicativos da empresa) e maior interação com o <i>SAP</i> [®] (software de Gestão Empresarial do tipo de <i>ERP</i>), para coletar informações de integridade dos equipamentos (planos de manutenção, inspeção).”
“Manter atualização principalmente após as <i>GMs</i> permanentes e projetos, ou atendimento a recomendações dos estudos quinquenais, quando aplicável. Realizar mais capacitação para utilização dos recursos do programa.”
“A ferramenta já é muito boa. Se houver algo a melhorar, sugeriria melhor qualidade das fotos (não que atualmente sejam ruins).”
“Talvez implementar uma maneira de selecionar um sistema de processo (nó) e a ferramenta já indicar o caminho deste processo na planta.”
“Interação com outras ferramentas de apoio para integrar, por exemplo, informações de RTI (Sistema de Recomendações de Inspeção) da planta.”

Tabela 5 – Sugestões para tornar o 360 *tour view* efetivo em análises de riscos (continuação).

Sugestões
“Melhor divulgação das ferramentas, menor tamanho das malhas entre pontos fotografados.”
“A ferramenta deve estar atualizada para algumas unidades.”
“Um maior mapeamento fotográfico, talvez. Registros nos internos dos tanques do navio, quando estiverem disponíveis logicamente.
Localização dos equipamentos pelo TAG.”
“Viabilizar atualização das imagens periodicamente.”
Acompanhar as GMs e RTI para programar a atualização das fotos.
“Permitir com que fossem localizados equipamentos e linhas (por meio de seus TAGs), bem como dimensões. Tudo isso sem a necessidade de instalação de softwares, como o da maquete 3D, ou seja, usando aplicação online.”
“Treinamento e disponibilização da ferramenta para os líderes de análise de risco.”
“No início da avaliação do nó, pedir que o apresentador mostre os principais equipamentos em maquete 3D e na ferramenta de 360 <i>tour view</i> .”

Por fim, para 50% dos respondentes foi apontada limitação ou cuidado no uso do 360 *tour view* em análises de riscos quinquenais ou de gestão de mudanças. Em sua totalidade chama a atenção a questão da atualização das fotos coletadas sendo importante a verificação das datas para uma análise mais assertiva.

5. CONCLUSÃO

Mediante os resultados obtidos neste trabalho, foi possível concluir que o 360 *tour view* pode colaborar positivamente em sendo utilizada de forma a apoiar as análises de riscos das unidades no tocante a melhor compreensão da complexidade de uma instalação, com a confirmação de localização de instrumentos ou equipamentos em campo para desempenho de funções críticas ou dificuldade de acesso aos mesmos evocando questões de fatores humanos, na definição da frequência e severidade de cenários de riscos existentes e proposição de medidas de controle.

Constatou-se que o 360 *tour view* tem potencial para se tornar uma ferramenta de apoio às análises de riscos operacionais cotidianas, e demais frentes de trabalho na área de riscos, muito embora não tenha sido concebida inicialmente para este papel.

Destaca-se a importância de manter o 360 *tour view* com o fluxo de atualização das imagens constante para sua maior efetividade (3 a 5 meses), desta forma é importante avaliar antes da sua utilização a data de captura e registro das imagens para garantia de uma análise mais eficaz. Apesar dos ganhos que o 360 *tour view* proporciona para trabalhos de análise à distância, ainda há a necessidade de conhecimento prévio de operação da unidade por parte da equipe de análise.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como proposta de aprofundamento da aplicabilidade da ferramenta 360 *tour view* e para obtenção de novos resultados, seguem sugestões para trabalhos futuros:

- a. Análises e investigação de acidentes.
- b. Planejamento de movimentação de cargas.
- c. Avaliação de efeito cascata em estudos do tipo análise quantitativa AQR.
- d. *Guidelines* para utilização de Ferramenta 3D para análise de riscos e apoio à tomada de decisão.
- e. Aplicabilidade em outros ramos da indústria.

REFERÊNCIAS

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, **Relatório de investigação de incidente Plataforma P-48** – 2018. (https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/plataforma-p-48/p-48_relatorio-rev-final.pdf), visitado em 25/02/2023.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, **Relatório de investigação do incidente de explosão ocorrido em 11/02/2015 no FPSO Cidade de São Mateus**. (<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/incidentes/relatorios-de-investigacao-de-incidentes-1/arquivos-relatorios-de-investigacao-de-incidentes/fpsocidade-de-sao-mateus/relatorio-de-investigacao-fpsocidade-de-sao-mateus.pdf>), visitado em 25/02/2023.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, **Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) das Instalações Marítimas de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural**, 2007.

AS/NZS 4360:2004 – **GESTÃO DE RISCOS - AS/NZS 4360: a primeira norma de âmbito mundial sobre Sistemas de Gestão de Riscos**. [Norma Australiana / Neozelandesa AS/ NZS 4360:2004 \(library.org\)](http://www.library.org), acessado em 22/03/2023.

CCPS – CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. *Guidelines for Investigating Process Safety Incidents*. 3rd. Ed. Estados Unidos: Wiley, 2019.

CCPS – CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Diretrizes para segurança de processo baseada em risco**. Tradução Petrobras/Recursos Humanos/Universidade Petrobras. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

CCPS – CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. *Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Process Industries*. Estados Unidos: Wiley, 2012.

CCPS – CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*. 3rd. Ed. Estados Unidos: Wiley, 2008.

Inspectioneering - Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) (<https://inspectioneering.com/tag/fmea>), visitado em 27/06/2023.

NFPA – NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA 12 Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems. Estados Unidos: *NFPA*, 2018.

SCHNEIDER ELECTRIC, MERLIN GERIN. Disjuntores e interruptores a seco BT de forte intensidade - Masterpact Merlin Gerin 800 a 6300 A. Schneider Electric, 1998.

APÊNDICE 1 – DESTAQUES DA PESQUISA COMPLEMENTAR

1. Você utiliza ferramentas como maquetes 3D, softwares de realidade aumentada, fotos etc. juntamente com P&IDs em apoio as suas atividades?

[Mais Detalhes](#)

[Insights](#)

Sim	17
Não	3



2. Em que trabalho você já utilizou a ferramenta?

[Mais Detalhes](#)

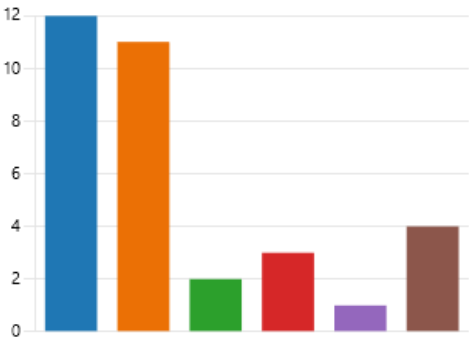
Gestão de Mudança	16
Edição de padrões	0
Treinamentos	2
Estudos de risco (quinquenais)	9
Outra	6



3. Em quais estudos de riscos foram aplicados? (Mais de uma opção pode ser selecionada)

[Mais Detalhes](#)

APR	12
HAZOP	11
FMEA /FMECA	2
E-SE	3
Não utilizado	1
Outra	4



4. Você se recordaria de alguma situação em análise de riscos que o uso da ferramenta 360 tour view teria trazido melhor definição dos nós ou trechos de estudos qualitativos ou riscos de um cenário caso tivesse sido utilizado, em comparação à metodologia tradicional de definição de cenários gerados a partir de P&IDs, PDs etc.?

[Mais Detalhes](#)

[Insights](#)

Sim	14
Não	6



5. Cite exemplos

[Mais Detalhes](#)

 Insights

14

Respostas

Respostas Mais Recentes

"Mapear cenários em que pode ocorrer caminho preferencial pelo arranjo..."

"Nas APRs é importante verificar os módulos onde estão os trechos, como..."

6. O 360 tour view pode proporcionar ganhos para confirmação de instrumentação, válvulas, acessórios em geral em campo ou outros modos de detecção e salvaguardas que poderiam induzir uma tarefa inadvertida (ex.: válvulas idênticas)?

[Mais Detalhes](#)



7. Cite exemplos

[Mais Detalhes](#)

 Insights

20

Respostas

Respostas Mais Recentes

"Modelos gráficos são muito didáticos e intuitivos reduzindo de certa for..."

"Não sei se entendi bem a pergunta. Mas acho que essa ferramenta tem ..."

"A identificação das características visuais das válvulas e acessórios, bem ..."

8. Você já se encontrou em alguma situação em que somente foi possível realizar uma análise após coleta de informações in loco a bordo, ou ajuda de profissionais embarcados para confirmar situações importantes para a análise? E que o 360 tour view teria apoiado, em ambos os casos, evitando a necessidade de embarque?

[Mais Detalhes](#)

 Insights



9. Descreva

[Mais Detalhes](#)

 Insights

15

Respostas

Respostas Mais Recentes

"Em algumas vezes não tínhamos a certeza se o desenho estava atualizad..."

"Precisava do arranjo de uma tubulação e os isométricos não estavam dis..."

"Confirmação do posicionamento atual dos detectores de gás e do propos..."

10. Você vislumbraria ganhos no uso da ferramenta 360 tour view em outras instalações diferente de plataformas marítimas?

[Mais Detalhes](#)

[Insights](#)



11. Cite exemplo de quais áreas

[Mais Detalhes](#)

[Insights](#)

17
Respostas

Respostas Mais Recentes

"Sim, em qualquer área industrial terrestre esta ferramenta seria muito úti..."

12. De forma geral, qual a sua percepção de ganhos na aplicação de tais recursos para análises de riscos quinquenais ou em GMs?

[Mais Detalhes](#)

[Insights](#)

20
Respostas

Respostas Mais Recentes

"Agilidade na condução das análises e minimização de erros."

"Uma visão mais próxima da realidade da unidade, considerando os arra..."

"Visualização de confinamentos, barreiras físicas, posicionamento de equi..."

13. Que sugestão você apresentaria para tornar o 360 tour view mais efetivo como ferramenta de apoio em análise de riscos?

[Mais Detalhes](#)

[Insights](#)

20
Respostas

Respostas Mais Recentes

"Ferramenta de certa forma até que obrigatória na condução das análise..."

"No início da avaliação do nó, pedir que o apresentador mostre os princi..."

"Treinamento e disponibilização da ferramenta para os líderes de análise ..."

14. Você vê alguma limitação ou cuidado no uso do 360 tour view em análises de riscos quinquenais ou de gestão de mudanças?

[Mais Detalhes](#) [Insights](#)

● Sim	11
● Não	9



15. Descreva quais limitações ou cuidados

[Mais Detalhes](#) [Insights](#)

11
Respostas

Respostas Mais Recentes

"O ferramenta deve estar sempre atualizada."

"Cuidados para usar dados atualizados e de não tornar a análise muito d..."