

UM ESTUDO DE RISCOS PELA TÉCNICA HAZOP APLICADO A UMA INSTALAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA, ESTOCAGEM E DISTRIBUIÇÃO DE GLP

Igor de Oliveira Nogueira (Universidade Federal Fluminense) - nogueira_igor@id.uff.br
Helton Luiz Santana Oliveira (Universidade Federal Fluminense) – heltonsantana@id.uff.br
Gilson Brito Alves Lima (Universidade Federal Fluminense) – glima@id.uff.br

Resumo

O artigo aborda a análise de riscos relacionados às operações de transferência, estocagem e distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) em uma sociedade anônima de capital aberto especializada na indústria de óleo, gás natural e energia, denominada como Companhia XPTO. O foco da análise é a aplicação da técnica *HazOp* (*Hazard and Operability Study*) para identificação sistemática de perigos e desvios operacionais. Utilizando a metodologia de estudo de caso, a pesquisa contextualiza o setor de GLP no Brasil, destacando procedimentos e riscos associados. Dentre os riscos identificados estão preocupações com segurança, saúde e preservação ambiental, como vazamentos, explosões e incêndios. O estudo destaca a importância da equipe multidisciplinar na implementação do *HazOp*, e aponta eventuais limitações originais do projeto, como a falta de critérios padronizados. Recomendações são propostas para superar essas limitações, visando contribuir para o desenvolvimento de diretrizes que mitiguem ou eliminem riscos nas operações de GLP nesta instalação, além de promover a disseminação eficaz da técnica *HazOp* na identificação de perigos e desvios operacionais.

Palavras-Chaves: *HazOp*, Transferência e Estocagem de GLP, Segurança de Processos.

1. Introdução

O petróleo e o gás representam a maior parcela da matriz energética global, atendendo a mais de 96% das necessidades de energia no setor de transporte, 64% no setor industrial e contribuindo com 25% da geração elétrica mundial (POMPEU, 2017).

Devido à sua alta inflamabilidade e potencial explosivo, o estudo de riscos é crucial para o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), visando identificar e mitigar riscos de vazamentos, prevenir incêndios e proteger a saúde e o meio ambiente. O gerenciamento de riscos envolve a identificação, avaliação e priorização dos riscos, com a aplicação coordenada de recursos para minimizar, monitorar e controlar eventos indesejáveis (HUBBARD, 2009).

Uma ferramenta comum para análise de riscos é o estudo *HazOp* (*Hazard and Operability Study*), uma análise estruturada conduzida por uma equipe multidisciplinar. A análise busca desvios significativos do projeto, focando em situações fisicamente possíveis que possam levar a riscos à segurança, saúde ou meio ambiente. É destacada a diferença entre "perigo" (situação com potencial para causar danos) e "risco" (probabilidade de ocorrência de um evento indesejável). A equipe também procura problemas operacionais e, ao identificar causas de desvios, avalia as consequências, recomendando ações de mudança se necessário.

A salvaguarda é essencial, representando medidas de proteção para garantir a segurança e integridade do que está sendo salvaguardado. As consequências e ações relacionadas são classificadas em termos de risco, sendo a análise registrada em um relatório utilizado na implementação das ações. O termo "estudo *HazOp*" é reservado para análises que incluem recursos essenciais descritos anteriormente, evitando confusão com outras formas de estudo de risco de processo ou revisão de risco de projeto.

1.1. Objetivo do artigo

O objetivo deste artigo é realizar o estudo de riscos em uma Instalação de Transferência, Estocagem e distribuição de GLP. Para isso será realizado um estudo de caso com a utilização da técnica *HazOp* de modo que se possa mitigar os riscos associados a essa instalação. Além disso, espera-se fomentar a disseminação da técnica *HazOp* como um recurso eficaz na identificação metódica de perigos e desvios operacionais.

1.2. Questões de pesquisa

- a. Após a análise e compreensão das potenciais ameaças à Instalação ao longo de seu ciclo de vida, as medidas já adotadas em projeto são suficientes para enfrentar esses riscos identificados?
- b. Como a Técnica *HazOp* pode ser aplicada para a mitigação de riscos e na identificação metódica de perigos e desvios operacionais?

2. Referencial teórico

Neste item será feita uma contextualização do setor GLP no Brasil, será dada uma visão geral sobre os principais processos envolvidos na transferência, estocagem e distribuição de GLP no Brasil, serão apresentados os riscos inerentes às atividades de transferência, estocagem e distribuição de GLP, também se fará uma rápida introdução *HazOp* bem como uma avaliação crítica ao *HazOp*.

2.1 Contextualização do Setor GLP no Brasil

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), é uma mistura de hidrocarbonetos, predominantemente de propano (C3) e butano (C4). Como derivado do petróleo, é produzido em refinarias principalmente por processos de destilação atmosférica e craqueamento catalítico, podendo também ser obtido em unidades de processamento de gás natural. (SINDIGÁS, 2024)

De acordo com Petrobras (2022) o esses são os Tipos de Gases Liquefeitos de Petróleo apresentado no Quadro 1:

Quadro 1 – Tipos de GLP		
Nome Comercial	Composição	Aplicação
GLP	Proporção variável de propano/propeno e butanos/butenos (teor de hidrocarbonetos com 5 ou mais átomos de carbono $\leq 2,0$ %)	Cozimento de alimentos em uso residencial ou comercial Sistemas de combustão industrial que não necessitem de composição fixa do produto Combustível automotivo em máquinas empilhadeiras Combustível para tratamento térmico e galvanização
Propano Comercial	Mistura contendo predominantemente propano e/ou propeno (teor de hidrocarbonetos com 4 ou mais átomos de carbono $\leq 2,5$ %)	Indicado para sistemas que necessitam de alta volatilidade do produto além de composição e pressão de vapor bem definidas
Propano Especial	Mistura contendo no mínimo 90 % de propano (volume) e no máximo 5 % de propeno (volume) (teor de hidrocarbonetos com 4 ou mais átomos de carbono $\leq 2,5$ %)	Recomendado para aplicações onde o teor de olefinas é fator limitante.
Butano Comercial	Mistura contendo predominantemente butanos e/ou butenos (teor de hidrocarbonetos com 5 ou mais átomos de carbono $\leq 2,0$ %)	Indicado para sistemas de combustão com pré-vaporizadores e que necessitam de composição/pressão de vapor estáveis.
Butano Especial*	Mistura contendo no mínimo 96 % de butanos (em volume) e no máximo 2 % de butenos (volume) (teor de hidrocarbonetos com 4 ou mais átomos de carbono $\leq 0,5$ %)	Propelente

* O Butano Especial não é regulado pela ANP.

Fonte: Adaptado de PETROBRAS (2022)

O setor de petróleo e gás natural, com mais de 150 anos de história, desempenha um papel vital na sociedade moderna, sendo essencial para diversos produtos manufaturados e para o estilo de vida contemporâneo. De acordo com Pompeu *et al.* (2017), o petróleo e gás representam 56%

da matriz energética global, atendendo a mais de 96% das necessidades de energia no transporte e contribuindo significativamente para o setor industrial e a geração elétrica mundial.

A presença global desses recursos os torna sensíveis a fatores econômicos e geopolíticos. No Brasil, o setor de petróleo e gás experimentou mudanças significativas desde 2000, ganhando importância econômica, especialmente após a descoberta da província do pré-sal. Essa descoberta aumentou as reservas e a produção, posicionando o Brasil como um importante ator nesse setor. A contribuição para a formação bruta de capital fixo saltou de 3,5% em 2000 para mais de 10% nos últimos anos, indicando uma possível dependência crescente do desempenho econômico brasileiro em relação ao setor de PETRÓLEO E GÁS(POMPEU *et al.*, 2017).

2.2 Principais processos envolvidos na transferência, estocagem e distribuição de GLP no Brasil:

O processo de distribuição de gás liquefeito de petróleo (GLP) envolve diversas etapas interligadas até alcançar o consumidor final. Os principais processos são:

- a. Exploração: O GLP pode ser produzido em refinarias ou plantas de processamento de gás natural;
- b. Processamento: O GLP é obtido por diferentes processos, incluindo destilação atmosférica do petróleo e fracionamento do gás natural. O fracionamento do gás natural produz subprodutos como GLP e líquido de gás natural (LGN). Processos de conversão em refinarias, como Craqueamento Catalítico Fluido (FCC) e Coqueamento Retardado, são responsáveis pela transformação de frações pesadas do petróleo em GLP; (PETROBRAS, 2022)
- c. Liquefação para o estado gasoso: O GLP é armazenado em recipientes pressurizados, como botijões de gás ou tanques estacionários. A liquefação permite o armazenamento e transporte em grandes quantidades; (MONTEIRO, 2013)
- d. Estocagem: O GLP é armazenado em vasos de pressão, como esferas de GLP, antes de ser acondicionado em botijões para a revenda. A estocagem requer recipientes que suportem alta pressão;
- e. Distribuição: Regulamentada pela ANP, a distribuição inclui aquisição, armazenamento, transporte, comercialização e controle de qualidade. Distribuidoras recebem o produto das refinarias, abastecendo revendas ou grandes consumidores. O transporte do GLP é classificado como carga perigosa, exigindo treinamento adequado para as operações.

2.3 Riscos inerentes às atividades de transferência, estocagem e distribuição de GLP:

O manuseio do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) envolve diversos processos, cada um apresentando riscos específicos que demandam atenção e medidas preventivas.

- a. Exploração: O GLP é altamente inflamável, apresentando risco de explosão em ambientes fechados. Sua mistura com ar e produtos oxidantes é inflamável, podendo se deslocar até fontes de ignição. Altas concentrações podem causar efeitos adversos, incluindo perda de coordenação, tontura e redução de consciência; (FREITAS, 2018)
- b. Processamento: O método predominante de produção de GLP no Brasil é o craqueamento catalítico fluido (FCC), operando em condições de alta pressão e temperatura. Riscos associados incluem explosões, incêndios e a formação de substâncias prejudiciais, como benzeno e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs). Empresas devem implementar sistemas robustos de gestão de riscos para garantir a segurança dos colaboradores;
- c. Estocagem: Rompimentos em recipientes de armazenamento podem resultar em explosões graves, representando riscos para pessoas e instalações. Recipientes devem atender às normas específicas, como a NBR 8460, com rigorosa adesão a instruções locais sobre afastamento, acesso, equipamentos de combate a incêndio e sistemas de aterramento; (KAWA, 2014)
- d. Distribuição: A alta inflamabilidade do GLP implica que variações na pressão ou temperatura durante o transporte podem levar a consequências graves, incluindo risco de explosão e intoxicação em caso de vazamentos. Medidas rigorosas de segurança, monitoramento e controle são necessárias para mitigar esses riscos durante o processo de distribuição.

O gerenciamento de riscos associados ao Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) é crucial devido à sua natureza inflamável e perigosa. Os motivos para essa importância incluem:

- a. Segurança Pessoal: O GLP apresenta riscos sérios, como vazamentos e manuseio inadequado, que podem resultar em incêndios, explosões e lesões graves, ameaçando a vida e a integridade física das pessoas;
- b. Prevenção de Acidentes: A gestão adequada dos riscos relacionados ao GLP é fundamental para prevenir acidentes graves. O conhecimento correto dos procedimentos de manuseio, armazenamento e instalação de equipamentos a gás reduz as chances de incidentes prejudiciais;

- c. Proteção de Propriedades e Bens: Incêndios e explosões decorrentes do GLP podem causar danos materiais significativos, afetando edifícios, equipamentos e outros ativos. O gerenciamento de riscos associados ao GLP protege propriedades e bens contra danos e perdas financeiras;
- d. Preservação do Meio Ambiente: Vazamentos de GLP podem causar danos ambientais, especialmente se ocorrerem em áreas sensíveis ou próximas a fontes de água. Além disso, o GLP contribui para as emissões de gases de efeito estufa, tornando essencial o seu uso adequado para reduzir a poluição e o impacto ambiental;
- e. Cumprimento das Regulamentações: Dado que muitos países possuem regulamentações específicas para o uso, armazenamento e transporte de GLP, o gerenciamento adequado dos riscos é essencial para cumprir essas normas e evitar possíveis consequências legais ou sanções.

2.4 Introdução ao HazOp

Neste artigo, foi empregado o *HazOp* como ferramenta de análise de riscos na instalação de Transferência, Estocagem e Distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP). O *HazOp* destaca-se por sua eficácia na identificação sistemática de desvios das intenções de projeto, proporcionando uma abordagem abrangente para avaliação e mitigação dos riscos operacionais. Ao examinar detalhadamente as operações e processos envolvidos, o *HazOp* permite a identificação proativa de potenciais desvios, como falhas de equipamentos, erros humanos ou condições anormais, que poderiam resultar em incidentes graves. (EAMES, 2022).

A análise abrange as diversas etapas de transferência, estocagem e distribuição de GLP, facilitando a identificação de cenários de risco. Isso possibilita a implementação de medidas preventivas e corretivas, assegurando a segurança das operações, a integridade dos equipamentos e a preservação do ambiente.

2.4.1 Importância da análise de riscos

O processo de avaliação de riscos é a parte da gestão de riscos que fornece um processo estruturado para identificar como os objetivos podem ser afetados, e analisa o risco em termos de consequências e suas probabilidades antes de decidir se um tratamento adicional é requerido. (ABNT, 2012).

É prática normal incluir a identificação dos riscos de SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde) como objetivo principal, incluindo riscos para as pessoas dentro e fora do local, riscos para a propriedade e a instalação e todos os tipos de riscos ambientais. Deve ficar claro se um outro

objetivo é procurar potenciais problemas de operacionalidade que, por si só, não têm implicações no que diz respeito à SMS. Isso inclui problemas de confiabilidade e manutenção, qualidade ou perda do produto e fatores que afetam a vida útil e a produtividade da operação. (CRAWLEY & TYLER, 2015). E para que se possa identificar e mensurar esses potenciais problemas, pode-se utilizar a ferramenta *HazOp*.

2.5 Avaliação crítica do *HazOp*

Segundo a ABNT NBR IEC 31010 (ABNT, 2012), algumas limitações que o Estudo *HazOp* apresenta, são:

- a. Uma análise detalhada pode ser muito demorada e, portanto, cara;
- b. Uma análise detalhada requer um alto nível de documentação ou especificação do sistema/processo e procedimento;
- c. Pode focar em encontrar soluções detalhadas, ao invés de questionar premissas fundamentais (entretanto, isto pode ser atenuado por uma abordagem gradual);
- d. A discussão pode ser focada em questões de detalhe do projeto, e não em questões mais amplas ou externas;
- e. É limitada pelo projeto (esboço) e o intuito do projeto, e o escopo e objetivos dados à equipe;
- f. O processo se baseia fortemente no conhecimento especializado dos projetistas que podem achar difícil ser suficientemente objetivos na procura de problemas em seus projetos.

3. Metodologia

No decorrer deste estudo, empregou-se a metodologia de estudo de caso para aprofundar a análise e discussão dos dados. De acordo com o livro *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações* (CAUCHICK MIGUEL *et al*, 2012), o estudo de caso é um método de pesquisa qualitativo que visa investigar um fenômeno em profundidade, dentro de seu contexto real. É frequentemente usado em engenharia de produção para investigar problemas complexos, como a experiência dos trabalhadores em ambientes de manufatura, os fatores que influenciam a aceitação de novas tecnologias ou os processos de tomada de decisão em empresas.

O *HazOp* (*Hazard and Operability Study*) foi empregado como ferramenta de suporte no desenvolvimento deste trabalho, visando identificar potenciais desvios operacionais na instalação destinada à transferência, armazenamento e distribuição de GLP.

A utilização desta ferramenta foi realizada a partir do preenchimento de planilhas e da aplicação de parâmetros e palavras-guias em cada um dos dois nós identificados no processo, de forma a se identificar os possíveis desvios. Em seguida, após a identificação das causas de cada desvio, e caso uma consequência de interesse tenha sido identificada, prosseguiu-se para a etapa de levantamento das salvaguardas existentes. A partir disso foram propostas recomendações, quando pertinente, para a redução do risco, obtendo-se o Risco Futuro, o qual poderá ser atingido, caso a recomendação proposta seja implementada.

3.1 Descrição da técnica *HazOp* e sua aplicação na identificação sistemática de perigos e desvios operacionais

HazOp é uma metodologia usada para examinar processos e produtos a fim de diagnosticar e prevenir erros e riscos. O método é usado como uma ferramenta de gestão que ajuda a promover ajustes, evitando impactos negativos e reduzindo custos operacionais. A diferença entre ambas é que a equipe do *HazOp* considera os resultados indesejáveis e os seus desvios e condições pretendidas e os trabalha de trás para a frente até chegar aos modos de falha e causas possíveis, enquanto a FMEA começa por identificar os modos de falha. (ABNT, 2012)

É de suma importância que se faça uma abordagem abrangente ao analisar uma seção ou estágio em um projeto. Inicia-se com um entendimento completo da situação existente, formando um modelo conceitual adequado. O relatório *HazOp* deve incluir uma descrição completa, com destaque para os principais parâmetros do projeto.

Posteriormente, é essencial formular e registrar a intenção do projeto, que deve abranger a faixa operacional desejada. Isso permite à equipe identificar desvios fora dessa faixa. A intenção do projeto está interligada à descrição da etapa e aos parâmetros do equipamento.

Recomenda-se desenvolver uma intenção de projeto abrangente, vinculada aos desenhos utilizados, para consulta durante a busca por desvios. Essa intenção pode abranger equipamentos, itens da seção, materiais, condições, fontes, destino, mudanças ou transferências, meios de controle e tempo da etapa. O foco não está apenas nos equipamentos da planta, mas também no que se pretende realizar na seção analisada. (CRAWLEY & TYLER, 2015).

3.2 Metodologia do estudo de riscos pela técnica *HazOp*

As responsabilidades globais de cada um dos membros da equipe do *HazOp* são as seguintes (CRAWLEY & TYLER, 2015):

- a. Líder do *HazOp*: É responsável por planejar e coordenar o *HazOp*. Ele deve garantir que o *HazOp* seja conduzido de forma eficaz e que todas as responsabilidades sejam cumpridas.
- b. Relator do *HazOp*: É responsável por documentar as atividades do *HazOp*. Ele deve preparar relatórios que sejam claros e concisos, e que contenham todas as informações relevantes.
- c. Analistas do *HazOp*: São responsáveis por identificar e avaliar riscos. Eles devem usar suas habilidades e conhecimentos para pensar de forma criativa e identificar todos os cenários possíveis.
- d. Técnico do *HazOp*: É responsável por fornecer informações técnicas sobre o sistema ou processo a ser analisado. Ele deve ajudar a equipe a entender o sistema ou processo e a identificar os perigos e riscos potenciais.

Além dessas responsabilidades, todos os membros da equipe do *HazOp* devem:

- a. Ser cooperativos e respeitosos com os outros membros da equipe.
- b. Ser abertos a novas ideias e perspectivas.
- c. Ser capazes de trabalhar de forma independente e como parte de uma equipe.

A seleção de uma equipe *HazOp* eficaz é essencial para o sucesso da técnica. A equipe deve ser multidisciplinar, com membros que tenham diferentes habilidades e conhecimentos. Isso ajudará a garantir que todos os aspectos do sistema ou processos, sejam analisados e que todos os riscos potenciais sejam identificados.

3.3 Descrição dos tipos de desvios e seus critérios de classificação

De acordo com Eames (2022) os tipos de desvios no *HazOp* são:

- a. Quantitativos: ocorrem quando um parâmetro de processo sai de seu valor nominal.
- b. Qualitativos: ocorrem quando uma propriedade de processo muda de forma não intencional.

Os critérios de classificação dos desvios no *HazOp* são:

- a. Gravidade: é a severidade do risco associado ao desvio.
- b. Probabilidade: é a chance de o desvio ocorrer.
- c. Detectabilidade: é a facilidade com que o desvio pode ser detectado.

Com base nesses critérios, os desvios podem ser classificados em quatro categorias:

- a. Categoria 1: desvios com baixa gravidade, baixa probabilidade e alta detectabilidade.
- b. Categoria 2: desvios com baixa gravidade, alta probabilidade e baixa detectabilidade.

c. Categoria 3: desvios com alta gravidade, baixa probabilidade e alta detectabilidade.

d. Categoria 4: desvios com alta gravidade, alta probabilidade e baixa detectabilidade.

Os desvios de categoria 4 são considerados os mais graves e devem ser priorizados para tratamento. Os desvios de categoria 1 são considerados os menos graves e podem ser tratados em uma etapa posterior.

A identificação e classificação dos desvios é uma etapa essencial do *HazOp*. Isso ajudará a equipe a priorizar os riscos e desenvolver recomendações eficazes para reduzir ou eliminar os riscos. (VILLARDI et al, 2021)

Após a explicação de como funciona a ferramenta do *HazOp* apresentada anteriormente, o presente trabalho realizou um estudo de caso em uma instalação de transferência, estocagem e distribuição de GLP. O *HazOp* foi aplicado na Esfera EF - 47001, porém, o mesmo estudo poderá ser utilizado para as demais esferas, pois as mesmas estão suscetíveis aos mesmos riscos e todas possuem os mesmos dispositivos que garantem a sua funcionalidade.

A metodologia da técnica *HazOp* aplicada para a identificação dos riscos em uma instalação de transferência, estocagem e distribuição de GLP da Companhia XPTO e foi realizada a partir do preenchimento, feito pelos autores deste artigo, de planilhas *HazOp*, com a aplicação de parâmetros e palavras-guia em cada um dos dois nós identificados no processo, de forma a se identificar os possíveis desvios. Em seguida identificou-se as causas de cada desvio, e caso uma consequência de interesse tenha sido identificada, prosseguiu-se para a etapa de levantamento das salvaguardas existentes. A partir disso foram propostas recomendações, quando pertinente, para a redução do risco, obtendo-se o Risco Futuro, que é o risco obtido após a implementação das recomendações.

O Quadro 2 apresenta as categorias de frequência de ocorrência adotadas para os cenários acidentais identificados.

Quadro 2: Categorias de Frequência de Ocorrência

Categoria	Faixa de Frequência
A - Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável na vida útil da instalação
B - Remota	Não esperado ocorrer durante a vida útil da instalação, apesar de haver referências históricas. Demanda falha de mais de uma barreira de controle
C - Ocasional	Possível de ocorrer até uma vez durante a vida útil da instalação. Pode ocorrer em caso de falha de algum controle.
D - Provável	Esperado ocorrer mais de uma vez durante a vida útil da instalação. Controle frágil ou parcialmente confiável.
E - Frequente	Esperado ocorrer muitas vezes durante a vida útil da instalação. Ocorrência eminente ou esperado em curto prazo.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2023)



O Quadro 3, por sua vez, apresenta as classes de severidade dos danos resultantes em cada um dos cenários identificados, de acordo com o meio receptor analisado (segurança pessoal, meio ambiente, imagem e segurança das instalações).

Quadro 3: Categorias de Severidade das Consequências

Meio Receptor	Categoria de Severidade			
	I - Desprezível	II - Marginal	III - Crítica	IV - Catastrófica
Segurança Pessoal	Lesões leves ou moderadas de rápida reversão. Eventos restritos a atendimento médico sem internação.	Lesões incapacitantes ou de longo afastamento para colaboradores internos. Eventos com necessidade de internação.	Fatalidade de operadores envolvidos diretamente na atividade e/ou vítimas com lesões incapacitantes ou permanentes.	Uma ou mais vítimas fatais extramuros (comunidade). Múltiplas fatalidades no interior da empresa (colaboradores próprios ou terceiros)
Segurança das Instalações	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos ou instalações / Danos localizados. Reversão Imediata.	Danos leves aos equipamentos ou instalações / Danos em área isolada da instalação, com reversão a curto prazo.	Perda parcial da instalação / Danos irreparáveis a equipamentos / Reversão a médio prazo.	Perda total da instalação.
Meio Ambiente	Dano ambiental mínimo, localizado, restrito à unidade e/ou de fácil e rápida reversão por equipe interna. Não esperado atuação ambiental.	Dano ambiental adverso restrito à unidade, que requer mobilização de equipes de empresas externas, não sendo possível a reversão imediata. Pode ocorrer até uma notificação por parte do órgão ambiental.	Impacto externo à unidade / Dano ambiental adverso que requer mobilização da unidade e/ou recursos externos, sendo possível a reversão mesmo que não imediata. Atuação ambiental.	Impacto com relevância internacional / Dano ambiental adverso que requer mobilização ampla de recursos externos, sendo de difícil reversão ou reversão a longo prazo. Possibilidade de perda da licença ambiental.
Imagem	Impacto local. Sem danos às partes interessadas.	Impacto Regional. Impacto mínimo/ irrelevante às partes interessadas.	Impacto Nacional. Impacto à fornecedores e demais partes interessadas da companhia.	Impacto Internacional. Impacto aos acionistas.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2023)

A partir das classes de frequências de ocorrência e classes de severidade dos danos foram determinadas as Classes de Risco para cada cenário acidental, conforme os danos identificados em cada meio receptor analisado. As Classes de Risco referem-se ao nível de risco de um cenário acidental, sendo determinado por meio da associação da respectiva frequência (chance) de ocorrência e categoria de severidade (dano) das consequências. Assim, quanto maior a chance de ocorrência do cenário acidental e maior a severidade da consequência, maior a classe de risco. Desta forma, as classes de risco foram classificadas em 4 categorias, sendo estas: Risco Tolerável, ALARP Baixo, ALARP Alto e Risco Alto, conforme apresentado no Quadro 4.

Onde, ALARP é a abreviação para “*As Low As Reasonably Practicable*”, em português, “tão baixo quanto razoavelmente praticável”, e é frequentemente usado em gerenciamento de risco e segurança operacional.

Quadro 4: Matriz de Risco com Classes de Risco

		CLASSES DE FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
CLASSES DE SEVERIDADE	IV	ALARP BAIXO	ALARP ALTO	RISCO ALTO	RISCO ALTO	RISCO ALTO
	III	ALARP BAIXO	ALARP BAIXO	ALARP ALTO	RISCO ALTO	RISCO ALTO
	II	RISCO TOLERÁVEL	RISCO TOLERÁVEL	ALARP BAIXO	ALARP BAIXO	ALARP ALTO
	I	RISCO TOLERÁVEL	RISCO TOLERÁVEL	RISCO TOLERÁVEL	RISCO TOLERÁVEL	ALARP BAIXO

Fonte: Adaptado de Oliveira (2023)

4. Aplicação prática de *HazOp*:

Para a elaboração das planilhas de *HazOp* da Companhia XPTO foram definidos 2 nós, conforme relacionados a seguir. Em um estudo *HazOp*, um "nó" refere-se a um ponto específico ao longo de um processo ou sistema onde a análise detalhada é conduzida. Cada "nó" representa uma unidade funcional, equipamento, linha de tubulação, procedimento operacional ou qualquer elemento que possa apresentar potenciais desvios das intenções de projeto.

- a. Nó 1 - Recebimento de GLP por dutos, nas Esferas de armazenamento.
- b. Nó 2: Transferência de GLP das Esferas para os pontos de abastecimento de Caminhões.

4.1 Resultados da aplicação da técnica

Com a aplicação da técnica de *HazOp* nos nós identificados na Companhia XPTO foram desenvolvidos 12 desvios (cenários acidentais), dos quais 9 situações de danos foram classificadas com níveis de severidade, frequência e risco, uma vez que possuem potencial de gerar consequências aos meios receptores analisados.

Nas figuras a seguir pode-se visualizar a distribuição das 12 situações acidentais identificadas, de acordo com a classificação de risco atribuída, para o Risco Atual (Quadro 5), com a consideração das salvaguardas existentes. Uma salvaguarda em uma instalação transferência, estocagem e distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo refere-se a medidas, dispositivos ou procedimentos implementados para prevenir, minimizar ou controlar os riscos associados ao armazenamento, manipulação, transporte e uso do GLP. Essas salvaguardas são essenciais para proteger a instalação, as pessoas envolvidas e o ambiente contra potenciais incidentes, como vazamentos, incêndios, explosões ou outros eventos adversos. Após é mostrada a distribuição para o Risco Residual (Quadro 6), caso sejam implementadas as recomendações propostas durante a elaboração do estudo.

Durante um estudo *HazOp*, as recomendações emergem como soluções para desvios identificados. Após minuciosa análise de cada nó do processo, desvios são meticulosamente avaliados quanto ao seu potencial de risco. Com base nessa avaliação, propõem-se medidas preventivas ou corretivas para mitigar os riscos associados.

As recomendações foram formuladas considerando a gravidade dos desvios, a viabilidade técnica e econômica das ações propostas, e sua urgência de implementação. Essas recomendações são priorizadas para guiar ações futuras, visando melhorar a segurança e a operacionalidade do sistema. Após aprovação e revisão pelas partes envolvidas, as

recomendações são implementadas conforme um plano de ação definido, assegurando que os desvios identificados sejam adequadamente tratados para minimizar os riscos operacionais.

Quadro 5: Matriz de Risco – Número de cenários identificados para cada combinação – Risco Atual

Risco Atual						
Matriz de Risco Pessoas						
		Categorias de Frequência				
		Extremamente Remota	Remota	Pouco Provável	Posível	Frequente
Categorias de Severidade da Consequência	V	A	B	C	D	E
	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	IV	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	III	(0)	(0)	(5)	(3)	(0)
	II	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	I	(3)	(0)	(1)	(0)	(0)
Matriz de Risco Instalação						
		Categorias de Frequência				
		Extremamente Remota	Remota	Pouco Provável	Posível	Frequente
Categorias de Severidade da Consequência	V	A	B	C	D	E
	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	IV	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	III	(0)	(0)	(3)	(1)	(0)
	II	(0)	(0)	(1)	(1)	(0)
	I	(3)	(0)	(0)	(0)	(0)
Risco Atual						
Matriz de Risco Meio Ambiente						
		Categorias de Frequência				
		Extremamente Remota	Remota	Pouco Provável	Posível	Frequente
Categorias de Severidade da Consequência	V	A	B	C	D	E
	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	IV	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	III	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	II	(0)	(0)	(5)	(3)	(0)
	I	(3)	(0)	(1)	(0)	(0)
Matriz de Risco Imagem						
		Categorias de Frequência				
		Extremamente Remota	Remota	Pouco Provável	Posível	Frequente
Categorias de Severidade da Consequência	V	A	B	C	D	E
	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	IV	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	III	(0)	(0)	(5)	(3)	(0)
	II	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	I	(3)	(0)	(1)	(0)	(0)

Fonte: Os autores do artigo

Quadro 6: Matriz de Risco – Número de cenários identificados para cada combinação – Com implementação das recomendações propostas

Risco Residual															
Matriz de Risco Pessoas						Matriz de Risco Instalação									
			Categorias de Frequência								Categorias de Frequência				
			Extremamente Remota A	Remota B	Pouco Provável C	Possível D	Frequente E				Extremamente Remota A	Remota B	Pouco Provável C	Possível D	Frequente E
Categorias de Severidade da Consequência	V	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	Categorias de Severidade da Consequência	V	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	IV	Crítica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)		IV	Crítica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	III	Média	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)		III	Média	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	II	Marginal	(0)	(8)	(0)	(0)	(0)		II	Marginal	(0)	(8)	(0)	(0)	(0)
	I	Desprezível	(3)	(1)	(0)	(0)	(0)		I	Desprezível	(3)	(1)	(0)	(0)	(0)

Risco Residual															
Matriz de Risco Meio Ambiente						Matriz de Risco Imagem									
			Categorias de Frequência								Categorias de Frequência				
			Extremamente Remota A	Remota B	Pouco Provável C	Possível D	Frequente E				Extremamente Remota A	Remota B	Pouco Provável C	Possível D	Frequente E
Categorias de Severidade da Consequência	V	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	Categorias de Severidade da Consequência	V	Catastrófica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	IV	Crítica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)		IV	Crítica	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	III	Média	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)		III	Média	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)
	II	Marginal	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)		II	Marginal	(0)	(8)	(0)	(0)	(0)
	I	Desprezível	(3)	(9)	(0)	(0)	(0)		I	Desprezível	(3)	(1)	(0)	(0)	(0)

Fonte: Os autores do artigo

Durante a aplicação da técnica de identificação de perigos *HazOp*, foram propostas 8 recomendações, com o objetivo de prevenir ou mitigar a ocorrência dos cenários acidentais identificados. No Quadro 7 a seguir pode-se observar a listagem das recomendações propostas durante a realização do estudo.

Quadro 7: Recomendações Levantadas nas Planilhas de *HazOp*

Recomendação		
Número	Descrição	Nó Tratado
1	Instalação de um sistema de alarmes de monitoramento de pressão no sistema	1,7
2	Instalação de um sistema de purga.	1,7
3	Instalação de um sistema de monitoramento da pressão.	2
4	Instalação de um sistema de alarmes de monitoramento de temperatura na esfera	3,9
5	Instalação de um sistema de resfriamento.	3,9
6	Inspeções e testes regulares da esfera e dos detectores de temperatura.	4
7	Melhoria no sistema de medição radar na esfera.	5,11
8	Inspeções e testes regulares da esfera e dos detectores e alarmes de nível	5,6,11

Fonte: Os autores do artigo

Para a definição das nove recomendações anteriores, foi seguido o seguinte processo:

- a. Identificação de desvios: Durante a análise de cada nó do processo, foram identificados os desvios em relação aos parâmetros operacionais estabelecidos. Os desvios foram categorizados de acordo com sua natureza, frequência e severidade.
- b. Avaliação dos riscos: Cada desvio foi avaliado quanto ao seu potencial de risco, considerando as possíveis consequências adversas para a segurança, operacionalidade meio ambiente e imagem da companhia. A avaliação de riscos foi realizada por meio de uma matriz de risco, que considerou os seguintes fatores:
 - i. Probabilidade de ocorrência do desvio
 - ii. Severidade das consequências do desvio
- c. Formulação de recomendações: Com base nos desvios identificados e nos riscos associados, foram propostas recomendações para mitigação dos riscos. As recomendações foram elaboradas de forma a serem eficazes, viáveis e aplicáveis à realidade do processo produtivo.

5. Considerações finais

A elaboração deste estudo de riscos em instalações de transferência, estocagem e distribuição por meio da técnica *HazOp* enfrentou diversas dificuldades, inerentes à complexidade técnica da técnica, acessibilidade a dados e casos práticos, limitações de pesquisa e requisitos práticos e éticos.

A complexidade técnica da técnica *HazOp*, com sua natureza detalhada, representou um desafio para uma compreensão completa. A obtenção de informações detalhadas, dados de casos reais e exemplos práticos de aplicação do *HazOp* foi limitada, dificultando um pouco a fundamentação teórica e prática do trabalho. Além disso, não foi possível ir *in loco* para avaliar os riscos que a instalação está suscetível diariamente durante a sua operação.

Além disso, a consideração de aspectos éticos e de segurança ao lidar com dados confidenciais da empresa em estudo limitaram um pouco o avanço do estudo, pois não foi possível utilizar o nome e os dados reais da empresa.

Apesar das dificuldades, o estudo contribuiu para a sistematização da identificação de perigos e desvios operacionais, propondo recomendações para mitigar ou eliminar riscos nessas operações. Destaca-se, ainda, a relevância da técnica *HazOp* como um recurso eficaz na identificação sistemática de perigos e desvios operacionais, visando à segurança e eficiência dos processos, em que se espera mitigar os riscos associados a instalação em estudo, após a aplicação das recomendações propostas.



Para futuras pesquisas, sugere-se a realização de estudos aprofundados sobre a aplicação da técnica *HazOp* em diferentes setores industriais, assim como a exploração de novas abordagens para melhorar a identificação e redução de riscos em operações similares. Além disso, sugere-se a criação de um plano de ação para a implementação das recomendações propostas e a aplicação real delas na instalação e o acompanhamento sobre se as mesmas estão operando de maneira eficaz.

REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; ABBASI, S. A. The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE): Mechanism, consequence assessment, management. **Journal of Hazardous Materials**, v. 141, n. 3, p. 489-519, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Gás Liquefeito de Petróleo - GLP**. www.gov.br, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/producao-por-centrais-de-materias-primas-petroquimicas-cpq/gas-liquefeito-de-petroleo-glp>. Acesso em: 18 dez. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR IEC 31010:2012: Gestão de riscos — Técnicas para o processo de avaliação de riscos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas: 2012.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. *et al.* **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CRAWLEY, F.; TYLER, B. **Hazop: Guide to best practice**. 3rd. ed. Amsterdam: Elsevier Inc, 2015.

EAMES, P. - **The hazop leader's handbook: How to plan and conduct successful hazop studies**. Elsevier Inc, 2022.

FREITAS, A. - **FISPQ GLP (gás de petróleo): – Perigos, cuidados e EPIs**. cmcenter.com.br, 2018. Disponível em: <https://cmcenter.com.br/pt-br/fispq/fispq-glp/>. Acesso em: 18 dez. 2023.

HADDAD, A. N.; GALANTE, E. B. F. - From gaseous explosion (BLEVE). In: **Proceedings of the 20th European Safety and Reliability (ESREL 2011) Annual Conference**. Troyes, France. 2011.

HUBBARD, D. W. **The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it**. Newark: John Wiley & Sons, 2009.

HYATT, N. **Guidelines for process hazards analysis (PHA, HAZOP), hazards identification, and risk analysis**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; **IEC 61882: Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide**. International Electrotechnical Commission, 2001.

KAWA, L. **Gás liquefeito de petróleo (GLP)**. professoralucianekawa.blogspot.com, 2014. Disponível em: https://professoralucianekawa.blogspot.com/2014/04/gas-liquefeito-de-petroleo-glp_7.html. Acesso em: 18 dez. 2023.

KLETZ, T. A. **Hazop & Hazan: identifying and assessing process industry hazards**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018.

MARCHETTE, F. C.; OLIVEIRA, H. L. S. - Contribuições do comissionamento para a gestão da segurança de processo de um terminal de armazenamento de GLP e gasolina natural. In: **Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP 2017**, 2017.

MENDES, A. P. A. *et al.* - **Panoramas setoriais 2030: petróleo e gás**. Rio de Janeiro: BNDES, 2017.



MONTEIRO, T. - **GLP: O que é e como funciona o gás liquefeito de petróleo?** dicionariodopetroleo.com.br, 2023. Disponível em: <https://dicionariodopetroleo.com.br/glp-gas-liquefeito-petroleo/>. Acesso em: 18 dez. 2023.

OLIVEIRA, H. L. S. - **Notas de aula: Gerência de riscos Parte 01.**, Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2023.

PETROBRAS. - **Gás liquefeito de petróleo: Informações técnicas.**, Rio de Janeiro: Petrobras, 2022.

SINDIGÁS- Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo. **Gás LP no Brasil. Panorama do setor de gás LP em movimento.** 58ª edição. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: https://www.sindigas.org.br/Download/PANORAMAS/NOVO%20GLP%20EM%20MOVIMENTO_DEZEMBRO_2023_rev03.pdf Acesso em: 09 de janeiro de 2024.

VILLARDI, H. G. D. A.; YOUNG, A. F.; OLIVEIRA, H. L. S.; LIMA, G. B. A. - Hazard and operability study (Hazop) and bow-tie in cryogenic air separation process plant. In: **Anais do Congresso ABRISCO 2021**, Rio de Janeiro/Virtual, 2021.