



Fatores contribuintes para acidentes envolvendo operações com GLP

Pâmella Martins Arêas de Freitas

Monografia em Engenharia Química

**Orientador
Prof. Carlos André Vaz Junior, D.Sc.**

Fevereiro de 2022

FATORES CONTRIBUINTES PARA ACIDENTES ENVOLVENDO OPERAÇÕES COM GLP

Pâmella Martins Arêas de Freitas

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por:

.

.

Orientado por:

Carlos André Vaz Junior, D.Sc., EQ/UFRJ

Rio de Janeiro, RJ -Brasil
Fevereiro de 2022

[Ficha catalográfica]

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, minha base, que desde sempre me guiou e deu todo suporte necessário para chegar até aqui. Em especial, gostaria de agradecer ao meu pai, Marcus Welb, que tenho grande admiração como pai e como pessoa.

Aos meus amigos de ensino médio e cursinho, Aline, Amanda, Felipe, Fabrício, Rebeca e Beatriz, que acreditaram que um dia eu poderia ingressar na faculdade que eu tanto quis, a UFRJ, e estudaram comigo por diversas vezes.

Agradeço aos meus amigos da graduação: Arthur, Gentil, Antonio, Marco Aurélio, Mariana, João Paulo, Lidiane, Luísa, Marcos Mamede, Leonardo João e Matheus. Eu não teria chegado até aqui sem vocês. Foram anos de muito estudo, companheirismo e suporte. A faculdade não seria a mesma sem vocês na minha vida.

Aos projetos de extensão da UFRJ: Alunos Contadores de História, Legado Consultoria Jr. e EQ Hands-On. Tenho orgulho e muita paixão. Foram iniciativas que além de muito aprendizado profissional, teve também muito desenvolvimento pessoal e conheci pessoas incríveis.

Não poderia deixar de agradecer ao laboratório que me abraçou e me deu a oportunidade de realizar meu primeiro estágio: Laboratório de Análise Ambiental e Mineral. Agradeço pela oportunidade, aprendizado e os grandes amigos que ganhei.

Aos meus amigos e colegas de trabalho em Goiás, que me acolheram e me deram todo suporte na mudança de cidade. Em especial, ao Bruno Almeida e Gabriel Sebastião, grandes amigos que me apoiaram e incentivaram ao longo deste trabalho e nas demais áreas.

Agradeço aos docentes da Escola de Química, os quais muitos estão dispostos a ensinar e entender a situação de cada aluno. Em especial, ao meu orientador, Carlos André, que me acompanhou boa parte da graduação e me forneceu todas as ferramentas necessárias para realização deste trabalho.

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

FATORES CONTRIBUINTES PARA ACIDENTES ENVOLVENDO OPERAÇÕES COM GLP

Pâmella Martins Arêas de Freitas

Fevereiro, 2022

Orientador: Prof. Carlos André Vaz Junior, D.Sc.

O gás liquefeito de petróleo (GLP) está presente em diversos setores como fonte de energia e, devido alta inflamabilidade do gás, acidentes envolvendo GLP causam danos de grandes proporções como incêndios e explosões. Este trabalho discute os acidentes da REDUC em 1972, da PEMEX em 1984, de um restaurante na Praça Tiradentes em 2011 e de uma loja de conveniência nos Estados Unidos da América em 2007. Todos os acidentes foram ocasionados por vazamento de GLP. Através do sistema de Segurança de Processo Baseada em Riscos (RBPS), no acidente da REDUC o elemento “Procedimentos Operacionais” apresentou-se não conforme. No acidente da PEMEX foram encontradas falhas em alguns elementos dentre os quais eram “Envolvimento das Partes Interessadas” e “Conduta de Operações”. No restaurante houve não conformidade em “Identificação de Perigos e Análise de Risco” e “Conformidade com Padrões e Normas”. A loja de conveniência foi mais detalhada, uma vez que o acidente foi analisado através de um relatório de investigação como estudo de caso, sendo mapeado falha em seis elementos do RBPS. Pode-se concluir que o pilar “Comprometimento Segurança de Processos” foi o que apresentou mais falha ao longo dos quatro acidentes, demonstrando a importância de uma empresa ter colaboradores envolvidos em prol da segurança como cultura organizacional com a finalidade de prevenir acidentes.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Motivação.....	10
1.2 Objetivo.....	11
2. GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP).....	12
2.1 Propriedades.....	12
2.2 Aplicações.....	13
2.3 Armazenamento.....	14
2.4 Perigos.....	15
2.4.1 Duque de Caxias, 1972.....	17
2.4.2 México, 1984.....	18
2.4.3 Praça Tiradentes, 2011.....	20
2.5 Orientações para uso por parte do consumidor final.....	21
2.5.1 Compra.....	22
2.5.2 Instalação.....	23
2.5.3 Armazenamento.....	24
2.5.4 Primeiros Socorros.....	25
2.5.5 Emergências.....	25
3. ESTUDO DE CASO.....	27
3.1 Eventos Anteriores ao Acidente.....	27
3.2 Tanque de Propano.....	28
3.3 O acidente.....	29
3.4 Conclusão da Investigação.....	31
4. GESTÃO DE SEGURANÇA.....	33
4.1 Comprometimento com a Segurança de Processo.....	34
4.1.1 Cultura de Segurança de Processo.....	34
4.1.2 Conformidade com Padrões e Normas.....	35
4.1.3 Competência em Segurança de Processo.....	35
4.1.4 Envolvimento da Força de Trabalho.....	36
4.1.5 Envolvimento das Partes Interessadas.....	36
4.2 Compreender Perigos e Riscos.....	37
4.2.1 Identificação de Perigos e Análises de Risco.....	37
4.3 Gerenciar Riscos.....	38
4.3.1 Procedimentos Operacionais.....	38
4.3.2 Conduta de Operações.....	38

4.3.3 Treinamento e Garantia de Desempenho.....	39
4.4 Aprender com a Experiência.....	39
4.4.1 Auditorias.....	40
5. CONCLUSÃO.....	41
6. BIBLIOGRAFIA.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Cadeia de GLP.....	12
Figura 2.2: Vasos esféricos da distribuidora Petrobrás.....	15
Figura 2.3: Vasos cilíndricos de GLP para comercialização.....	15
Figura 2.4: Evento BLEVE numa esfera de gás liquefeito.....	16
Figura 2.5: Esquematização de BLEVE com “fireball”.....	17
Figura 2.6: Acidente da REDUC, 1972.....	17
Figura 2.7: Parte da esfera arremessada.....	18
Figura 2.8: Área afetada pela explosão.....	19
Figura 2.9: Área de tancagem destruída.....	19
Figura 2.10: Momento exato do acidente de 2011.....	20
Figura 2.11: Escombros no local do acidente.....	21
Figura 2.12: Impacto do acidente com gás GLP no Rio.....	21
Figura 2.13: Modelo de Quadro da ANP.....	22
Figura 2.14: Botijão conforme a ANP.....	23
Figura 2.15: Botijão confinado, armazenamento incorreto.....	24
Figura 2.16: Botijão próximo de fonte de ignição, armazenamento incorreto.....	24
Figura 2.17: Armazenamento de GLP correto.....	25
Figura 3.1: Visão aérea da loja.....	27
Figura 3.2: Tanque do acidente.....	29
Figura 3.3: Válvula do tanque Ferrellgas.....	29
Figura 4.1: Evolução dos sistemas preventivos.....	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Tipos de gases liquefeitos de petróleo.....	13
Tabela 2.2: Tipos de embalagens para armazenamento e distribuição de GLP.	15
Tabela 4.1: Os pilares e Elementos na Abordagem de RBPS.....	34
Tabela 5.1: Elementos que falharam nos acidentes com GLP.....	41

1.INTRODUÇÃO

O fogo foi a primeira fonte de energia utilizada pelo Homem. Com o passar do tempo e avanço da tecnologia na sociedade, houve o desenvolvimento de novas ferramentas para obter a energia como através do carvão na máquina a vapor no desenvolvimento industrial.

Em 1742, na Alsácia, ocorreu a primeira mineração de petróleo e, ao final do século XVIII, as frações gasosas do petróleo passaram a ser utilizadas em motores a explosão (Gaslog, 2020).

O primeiro GLP (gás liquefeito de petróleo) foi produzido na refinaria da Riverside Oil Co., nos Estados Unidos. A ideia de condensar os gases perdidos no refino da gasolina foi do diretor da refinaria que supervisionou um engenheiro para essa experiência. Os primeiros galões de GLP tem data registrada em 24 de dezembro de 1910 (Jacyntho Guaglianone, 1987).

No Brasil, a utilização de GLP como gás de cozinha está relacionada ao estoque de gás propano que era utilizado em dirigíveis na década de 30. As viagens nesses dirigíveis foram suspensas, acumulando estoque do gás. Então, surgiu a ideia de comercializar como gás de cozinha, substituindo até então o fogão a lenha das casas brasileiras. Inicialmente, a distribuição de GLP se dava através de importações dos Estados Unidos. Mas, com o aumento da demanda, a Petrobrás começa a produzir GLP no Brasil em 1955 (Sindigas, s.d).

De acordo com pesquisa do IBGE, 91% das famílias brasileiras utilizam gás de botijão para cozinhar. Além disso, mais de 53 milhões de botijões de até 13 kg são vendidos mensalmente (GLP em Movimento, 2021). Na indústria, o GLP é uma fonte de energia mais limpa quando comparada à gasolina e diesel, pois emite menos carbono e evita fuligem. Uma das principais vantagens é na utilização para alimentação de motores, que torna a operação mais silenciosa e fluida. (Supergasbras, 2020).

1.1 Motivação

Devido ao grande uso de gases inflamáveis na sociedade, principalmente o GLP, estudos referentes à gestão de segurança para eles são necessários. Gases inflamáveis possuem alto risco de explosão caso não haja correta conduta de produção, armazenamento e manuseio.

Um exemplo de acidente ocorreu dia 03 de novembro de 2021, quando houve um incêndio no depósito de gás da Supergasbras em Duque de Caxias –

RJ. Conforme jornalista Lívia Torres, nesse acidente não houve registro de vítimas, mas outros prejuízos foram gerados como carros que foram incinerados, diversas casas que tiveram janelas, paredes e caixas d'água danificadas, entre outros (Jornal G1, 2021).

A motivação deste trabalho é apresentar os fatores que contribuem para os acidentes que envolvem gases inflamáveis. Demonstrando a importância de um sistema de segurança, para que acidentes sejam evitados e, assim, não acarretar em prejuízo financeiro para empresa, para o meio ambiente e para a sociedade.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é trazer informações sobre o gás liquefeito de petróleo e reportar acidentes operacionais que envolvam o gás. Como forma de apresentar as diferentes falhas que ocorrem com gases inflamáveis, serão apresentados os seguintes acidentes: REDUC (Duque de Caxias, 1972), PEMEX (México, 1984), Restaurante na Praça Tiradentes (Rio de Janeiro, 2011) e Loja de Conveniência “*Little Store*” (Estados Unidos da América, 2007).

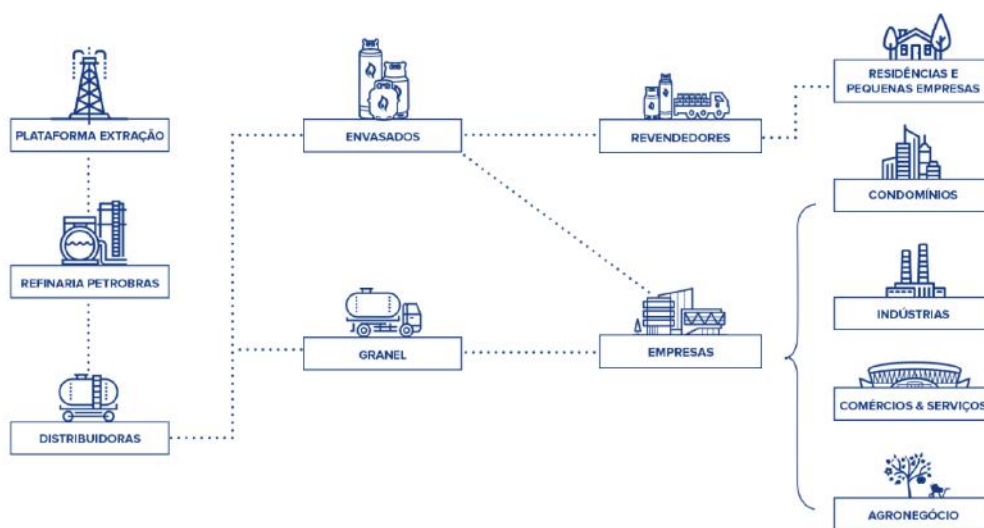
Posteriormente, os fatores contribuintes para os acidentes com GLP citados serão relacionados às falhas de implementação dos elementos do sistema de gestão de segurança proposto pelo *Risk Based Process Safety* (RBPS).

2. GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO (GLP)

O gás liquefeito de petróleo, mais conhecido como GLP ou gás de cozinha, é uma mistura de gases de três a quatro carbonos. Dentre esses gases, os principais constituintes são: propano, propeno, isobutano, n-butano e buteno.

O GLP pode ser produzido através do processo de refino do petróleo, do fracionamento do gás natural, pelo processo de craqueamento catalítico fluido (FCC) ou coqueamento retardado da fração pesada do petróleo. Na figura 2.1 encontra-se a cadeia do gás liquefeito, desde sua extração até seu destino.

Figura 2.1: Cadeia de GLP



Fonte: Consigaz, s.d.

2.1 Propriedades

O gás liquefeito de petróleo é um gás inflamável em temperatura e pressão ambiente. É incolor e inodoro e, por questão de segurança, é adicionada uma pequena quantidade de aditivo odorizante (etil mercaptano) com a intenção de facilitar a identificação de vazamento por parte do consumidor.

O gás apresenta qualidades como alto poder calorífico e baixo impacto ambiental, pois tem baixa emissão de CO₂. Além disso, é isento de metais pesados e não é corrosivo.

De acordo com a Ficha de Segurança de Produto Químico (FISPQ) do GLP elaborada pela Petrobrás (2015), o ponto de ebulição do gás é de -42,2°C e possui limite superior de inflamabilidade de 8,5-9,5% e inferior de 1,9-2,1%. Sendo que no intervalo entre o limite inferior e superior de inflamabilidade que o gás inflamável pode produzir fogo na presença de fonte de ignição. Quanto a sua densidade, na

fase vapor é mais denso que o ar e na fase líquida é menos denso que a água.

2.2 Aplicações

Embora seja conhecido como gás de cozinha, ele também serve como combustível para outras aplicações. De acordo com suas propriedades, ele é utilizado tanto no próprio ambiente doméstico, como também em indústrias, comércios, serviços e agronegócio.

Conforme a Petrobrás (2019), 90% do consumo de GLP é destinado ao uso doméstico para cozimento de alimentos, mas também utiliza-se nas residências para aquecimento de chuveiros e ambientes.

A indústria utiliza o gás como fonte energética em diversos setores, por exemplo em sistemas de congelamento, fornos na metalurgia, na fusão e refino de vidro, secagem de tintas, papéis e tecidos entre outros. Isso se deve por ser uma opção econômica e sustentável para indústria, pois gera pouca emissão de poluentes.

Como apresentado, há diversas finalidades para o GLP e para melhorar sua aplicação, ele pode ser comercializado com diferentes composições de gases, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Tipos de gases liquefeitos de petróleo

Nome comercial	Composição	Aplicação
GLP	Proporção variável de propano/ propeno e butanos/butenos	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	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)	Recomendado para aplicações onde o teor de olefinas é fator limitante.
Butano Comercial	Mistura contendo predominantemente butanos e/ou butenos	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 butano (volume) e no máximo 2% de buteno (volume)	Propelente

Fonte: Petrobrás, 2019

2.3 Armazenamento

O gás liquefeito de petróleo só encontra-se nessa fase quando pressurizado ou quando há redução de temperatura. Na prática, para a comercialização do GLP, utiliza-se o meio de pressurização para mantê-lo líquido. Para seu armazenamento, as distribuidoras utilizam recipientes com material de aço carbono e projetados para aguentar a pressão de até 15 kgf/cm³ (PETROBRÁS, 2019).

O formato de armazenamento mais indicado para gás é o vaso esférico. Porém, o custo de fabricação de um vaso esférico é mais elevado quando comparado ao cilíndrico. Portanto, para grande volume é utilizado vaso esférico enquanto que para pequeno volume é utilizado o cilíndrico.

Conforme relatado, as indústrias optam por armazenar o GLP em esferas (figura 2.2). Em contrapartida, para comercialização o GLP é envasado no formato cilíndrico (figura 2.3) devido o custo da produção desse formato ser mais compatível com a revenda em pequena quantidade. Por segurança, os tanques de GLP são preenchidos pelo gás liquefeito em até 85% de sua capacidade (CONSIGAZ, s.d.).

Figura 2.2: Vasos esféricos da distribuidora Petrobrás.



Fonte: Petrobrás, 2016

Figura 2.3: Vasos cilíndricos de GLP para comercialização.



Fonte: Ultragaz, s.d

A Tabela 2.2 apresenta os respectivos tipos de embalagem para comercialização, capacidade e aplicação do GLP comercial.

Tabela 2.2: Tipos de embalagens para armazenamento e distribuição de GLP

Embalagem	Capacidade, kg	Aplicação
P-2	2	Camping e ambulantes
P-5	5	Camping e ambulantes
P-7	7	Uso residencial
P-8	8	Uso residencial
P-13	13	Uso residencial
P-20	20	Empilhadeiras
P-45	45	Condomínios
P-90	90	Restaurantes

Fonte: Petrobrás, 2019

2.4 Perigos

Diversos cenários de acidentes podem ocorrer em função do armazenamento ou manuseio inadequados do GLP. Acidentes envolvendo gases inflamáveis podem causar consequências drásticas, tais como incêndio em nuvem, BLEVE ("*Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*"), incêndio em jato e outros.

Neste subcapítulo, além de explicar sobre o fenômeno de BLEVE, diferentes acidentes serão dissertados para que no Capítulo 4 (Gestão de Segurança) as falhas de segurança destes acidentes sejam detalhadas através da gestão de segurança proposta pelo RBPS.

Como apresentado, o gás é mantido sob pressão em recipientes fechados. Um dos cenários acidentais que pode ocorrer é denominado como BLEVE. O BLEVE ocorre de acordo com as condições listadas no artigo publicado por Edson Haddad (2008):

- O produto envolvido é um líquido ou um gás liquefeito (inflamável ou não);
- O recipiente utilizado para armazenamento é confinado (tambor, tanque, esfera, cilindro);
- A temperatura do líquido é maior que a sua temperatura de ebulição à pressão atmosférica e, portanto, a pressão no recipiente é muito maior que a pressão atmosférica;
- Ocorre a falha do recipiente que pode ser ocasionada pela presença de fogo nas imediações, fraqueza estrutural, falha da válvula de segurança, impacto e outras.

A partir das condições, ocorre a ruptura catastrófica do vaso com a liberação

do inventário para o meio externo. Como trata-se de gás inflamável, a formação de nuvem liberada pode encontrar uma fonte de ignição que levará à uma explosão ou incêndio em nuvem com possível formação de *fireball*.

De acordo com Eduardo Schmitt (2009), um BLEVE de um tanque contendo líquido inflamável gera os seguintes efeitos, também ilustrado pela figura 2.4:

- Impulso e sobrepressão (onda de pressão ou choque);
- Projeção de fragmentos (mísseis);
- Bola de fogo (radiação).

Figura 2.4: Evento BLEVE numa esfera de gás liquefeito

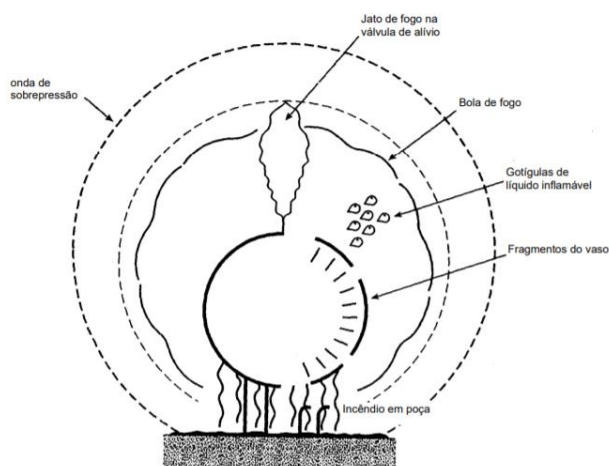
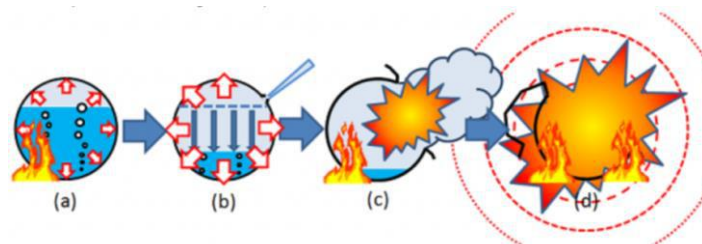


Figure 17.81 A BLEVE event

Fonte: Lees, 1996

Como tratamos neste trabalho de um gás liquefeito inflamável, temos a ocorrência do BLEVE pelo aquecimento do recipiente de armazenamento. Esse aquecimento faz com que ocorra a transformação do líquido em gás, expandindo o volume dentro do tanque, que causa a ruptura do recipiente e liberação de nuvem. Caso haja queima rápida da nuvem liberada, há ocorrência do “*fireball*” (bola de fogo) e a explosão pode trazer consequências mecânicas e térmicas. A figura 2.5 apresenta uma esquematização do BLEVE seguido do “*fireball*”.

Figura 2.5: Esquemática de BLEVE com “fireball”



Fonte: Explosion Research Institute Inc, s.d.

2.4.1 Duque de Caxias, 1972

Em 1972, ocorreu um grande desastre envolvendo BLEVE de vasos de GLP da Refinaria Duque de Caxias (REDUC) no estado do Rio de Janeiro (figura 2.6). No parque de esferas da refinaria, um operador abriu a válvula de drenagem para retirar a água do fundo do tanque esférico, porém deixou o local e houve vazamento do gás. Por conta da diferença de pressão interna e atmosférica, o gás liquefeito se expandiu quando em contato com a pressão atmosférica, realizando trabalho, e, então, congelando a válvula de saída. Ao retornar ao setor, o operador não conseguiu fechar a válvula congelada, o que ocasionou a continuidade do vazamento de GLP sem controle.

Após o GLP vazar, formou-se uma nuvem inflamável que encontrou uma fonte de ignição e gerou um incêndio em nuvem. O incêndio percorreu o caminho da nuvem, que encontra sua fonte de vazamento: a válvula. Ao ignizar o vazamento na válvula, ocorreu um jato de fogo capaz de fragilizar a esfera até sua ruptura que desencadeou o cenário de BLEVE.

Figura 2.6: Acidente da REDUC, 1972.



Fonte: Diário do Rio, 2019

Neste acidente, uma das consequências do BLEVE, além do incêndio com fogo atingindo 300 metros de altura, foi o arremesso de peças do tanque esférico

devido a forte ruptura com alta pressão. De acordo com a Sindipetro Paraná e Santa Catarina (2020), uma parte da esfera de 25 metros de diâmetro foi arremessada a mais de um quilômetro de distância do local de origem, como apresentada na figura 2.7. Ao todo, 42 trabalhadores foram mortos e 40 ficaram feridos.

Figura 2.7: Parte da esfera arremessada.

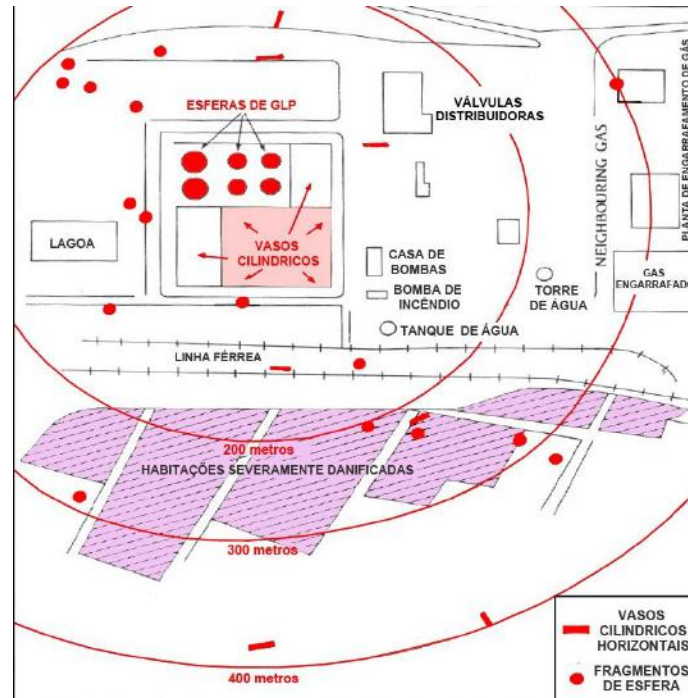


Fonte: Sindipetro Paraná e Santa Catarina, 2020

2.4.2 México, 1984

Outro acidente envolvendo GLP ocorreu no México em 1984, nas instalações da empresa PEMEX, que armazenava e distribuía o gás liquefeito de petróleo. O acidente ocorreu primeiramente por incêndio em nuvem e posteriormente por uma série de BLEVE. De acordo com Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, esse acidente teve 650 mortes, mais de 6000 pessoas feridas e destruição total da base industrial. O grande número de vítimas está relacionado ao fato de que a área de tancagem era próxima da comunidade. A figura 2.8 apresenta tanto a proximidade da área com a população, quanto a distância que peças dos tanques foram encontradas.

Figura 2.8: Área afetada pela explosão.



Fonte: Inspeção de Equipamentos, 2014

A origem da nuvem foi devido a um vazamento de uma tubulação. A queda de pressão da tubulação foi verificada na sala de controle da PEMEX, mas desconheciam o motivo. Uma vez que não foi identificado o vazamento, tanto pela sala de controle quanto pelo sistema de segurança, ele formou a nuvem e encontrou uma fonte de ignição. A figura 2.9 apresenta uma parte da área de tancagem destruída após o incêndio.

Figura 2.9: Área de tancagem destruída



Fonte: Inspeção de Equipamentos, 2014

2.4.3 Praça Tiradentes, 2011

A partir do momento que o GLP vaza de um recipiente, ele pode formar uma poça líquida mas que em seguida se transforma numa nuvem de vapor por conta do seu ponto de ebulição em pressão ambiente. Essa nuvem de vapor é altamente inflamável, que se confinada e em presença de fonte de ignição causa uma explosão.

Um acidente que ocorreu no dia 13 de outubro de 2011 na cidade do Rio de Janeiro é um exemplo de explosão por nuvem de vapor de GLP. A explosão foi em um restaurante carioca, apresentada na figura 2.10, que deixou quatro mortos e dezessete feridos. De acordo com a Revista Veja (2018), o Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro alegou que o estabelecimento não possuía autorização para utilizar gás encanado nem em botijão. Ainda assim, o restaurante funcionava e havia um estoque clandestino de seis botijões de 13kg.

Figura 2.10: Momento exato do acidente de 2011



Fonte: IstoÉ, 2016

Embora os funcionários tenham sentido cheiro do gás, eles não reportaram ao Corpo de Bombeiros imediatamente como necessário, mas sim ao dono do estabelecimento. Devido ao bolsão de gás acumulado qualquer ignição era capaz de ocasionar o acidente, por isso o indicado era isolar a área.

Os Bombeiros foram em resposta imediata após a explosão para isolar o local e verificar se havia pessoas no local do acidente. Posteriormente a confirmação de que não havia mais pessoas no local, os Bombeiros aguardaram que houvesse maior ventilação com finalidade de evitar uma nova explosão e para que em seguida atuassem na retenção do vazamento e limpeza dos escombros. A

figura 2.11 mostra a parte interna do local do acidente após a explosão, a qual escombros foram retirados pelos Bombeiros.

Figura 2.11: Escombros no local do acidente.



Fonte: Extra, 2011

A perícia concluiu que o vazamento de gás ocorreu devido a tubulação de plástico flexível que não estava de acordo com a norma técnica de instalação. Essa tubulação permitiu o vazamento do GLP, que acumulou o gás no espaço confinado por horas. Uma vez que formou-se uma nuvem de vapor, uma fonte de ignição desconhecida foi capaz de causar esse acidente. A figura 2.12 apresenta os impactos do acidente.

Figura 2.12: Impacto do acidente com gás GLP no Rio.



Fonte: IstoÉ, 2016

2.5 Orientações para uso por parte do consumidor final

Como apresentados, acidentes com gases inflamáveis ocorrem em

diferentes etapas do ciclo de vida do produto. Acidentes na etapa de armazenamento o qual teve vazamento na válvula (REDUC, 1972), vazamento na tubulação (México, 1984) e no vazamento por material frágil de transferência do gás para o fogão (Praça Tiradentes, 2011).

Visto acidentes descritos, consumidores precisam utilizar o GLP de maneira segura, pois diversos fatores podem levar risco à saúde ou até a óbito. Com isso, orientações para compra, manuseio e primeiros socorros são necessárias e apresentadas pelas próprias distribuidoras ou pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

2.5.1 Compra

Uma guia da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) de 2021 apresenta 10 orientações para compra segura de botijões de gás liquefeito de petróleo.

A compra só deve ser feita de revendedor autorizado pela ANP. Além disso, local de revenda autorizada não pode ter outros produtos no local dos botijões e deve conter o aviso da ANP (figura 2.13).

Figura 2.13: Modelo de Quadro da ANP

INFORMAÇÕES DO SEU REVENDEDOR

REVENDEDOR AUTORIZADO PELA ANP SOB O NÚMERO

RAZÃO SOCIAL

NOME FANTASIA

CNPJ

ENDEREÇO

HORÁRIOS E DIAS DE FUNCIONAMENTO

ÁREA DE ARMAZENAMENTO (CLASSE E KG) TELEFONES DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA

ÓRGÃO REGULADOR E FISCALIZADOR - GOVERNO FEDERAL
**AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL
E BIOCOMBUSTÍVEIS**

Reclamações que não forem atendidas pelo revendedor varejista deverão ser dirigidas para o Centro de Relações com o Consumidor - CRC da ANP

Ligação gratuita
0800 970 0267
Centro de Relações com o Consumidor - ANP
www.anp.gov.br/faleconosco

Fonte: ANP, 2021

Algumas medidas para verificar a integridade do botijão estão no próprio recipiente como: o lacre de segurança deve estar intacto, deve conter um rótulo com informações relevantes do produto (peso, classificação do gás, telefones de assistência técnica, entre outros), a data de fabricação e nome da distribuidora em

alto-relevo. Essas medidas são apresentadas na figura 2.14.

Figura 2.14: Botijão conforme a ANP.



Fonte: ANP, 2021

O revendedor autorizado é obrigado a ter uma balança certificada pelo Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) dentro do local de venda para garantir que o botijão está conforme seu peso de fabricação.

2.5.2 Instalação

A ANP ressalta a importância das condições de instalação e manuseio adequados, visto que erros nessas fases podem ocasionar vazamento e gerar acidentes. Sendo assim, segue as orientações:

- O botijão não pode ser virado de cabeça para baixo, ficar deitado ou que alguém fique em cima dele.
- É importante que fontes de ignição não estejam presentes ou sejam acionadas no momento da instalação do gás.
- Um simples teste de espuma ao instalar o botijão pode demonstrar se há ou não vazamento. Uma esponja ensaboada é passada em torno da válvula e detecta vazamento se bolhas surgirem.
- Em caso de vazamento: se possível, deve-se fechar o registro (regulador) do gás, retirar as pessoas e animais do local e o Corpo de Bombeiros deve ser acionado.
- Se houver problema com o botijão, o revendedor é obrigado a prestar assistência técnica.

2.5.3 Armazenamento

O local que um botijão de GLP é armazenado é um fator importante para evitar

acidentes. Segue orientações para o mesmo:

- Os botijões não devem ser armazenados em locais fechados (armários de pia, porões, banheiros, caixas, etc), como está na figura 2.15;

Figura 2.15: Botijão confinado, armazenamento incorreto



Fonte: ANP, 2021

- O botijão deve estar afastado de fontes de ignição, como aparelhos eletrônicos ou fumódromos, para evitar o risco de incêndio no caso de vazamento. Na figura 2.16 apresenta-se um botijão próximo de uma tomada, que também é fonte de ignição, como forma incorreta de armazenamento.

Figura 2.16: Botijão próximo de fonte de ignição, armazenamento incorreto.



Fonte: ANP, 2021

- O recipiente que contém GLP deve estar longe de ralos, pois em caso de vazamento, como o gás é mais pesado que o ar, ele tende a se concentrar nos locais mais baixos e se acumular em tubulações.
- A mangueira utilizada deve estar dentro do prazo de validade. Outrossim, a mangueira não pode ficar encostada ou passar por trás do fogão, pois o aquecimento da mangueira pode provocar incêndio.

A partir das orientações relatadas, levando em consideração a integridade inicial na compra legal e correto armazenamento, a figura 2.17 mostra o correto

armazenamento do botijão: botijão certificado pela ANP e sem danificações, mangueira dentro da validade e sem passar por de trás do fogão e disposição longe de pontos como ralos e fontes de ignição.

Figura 2.17: armazenamento de GLP correto



ANP, 2021

2.5.4 Primeiros socorros

Uma vez que orientações para armazenamento e utilização do GLP foram apresentadas para evitar acidentes, é importante a apresentação de orientações para primeiros socorros para caso os mesmos ocorram.

Medidas de primeiros socorros são descritas na FISPQ de GLP elaborada pela Petróbras (2015), que aponta em caso de inalação levar a vítima para local arejado e mantê-la em repouso, caso necessário deve-se fornecer oxigênio ou respiração artificial, um médico deve ser contatado imediatamente. Em contato com a pele, o líquido pode queimar e por isso é importante a lavagem do local atingido com água corrente. Caso haja contato com os olhos, eles devem ser lavados por no mínimo 15 minutos e um médico também deve ser contatado imediatamente.

2.5.5. Emergência

Quando há vazamento de gás, encontram-se dois cenários possíveis de ocorrer: o gás é liberado e é dispersado sem encontrar fonte de ignição ou o gás é liberado e encontra uma fonte de ignição, dando origem à um incêndio.

Retratando o cenário em que o gás não encontra uma fonte de ignição, há recomendações como isolar a área, deixar o local arejado para dispersar o gás e não utilizar fontes de ignição. Se possível, em segurança, é orientado que a válvula do gás que deu origem ao vazamento seja fechada.

No cenário o qual o gás encontra uma fonte de ignição, o acidente pode ter duas proporções diferentes: uma em que o gás queima imediatamente ao vazamento (jato de fogo) ou não queima imediatamente e forma uma nuvem.

Quando há um jato de fogo, não há ondas de pressão significativas para quebrar estruturas do local, porém o espaço deve ser imediatamente isolado. No caso de queima em nuvem, esse incêndio pode ter ou não ondas de choque, sendo uma explosão ou um incêndio respectivamente, que tem a capacidade destruir estruturas do local como janelas, portas, paredes e outras. A dimensão do incêndio em nuvem é relacionada ao tempo que o gás está vazando e também ao acúmulo do mesmo em um espaço confinado.

3. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado o estudo de caso de um acidente envolvendo o gás propano. O relatório base da investigação foi elaborado pelo *U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB, 2008)*.

O acidente ocorreu no Condado de Raleigh, na Virgínia Ocidental dos Estados Unidos da América, no dia 30 de janeiro de 2007. O acidente deixou quatro pessoas mortas, dois técnicos e dois atendentes de emergência, e seis pessoas feridas, dentre elas funcionários da empresa e bombeiros voluntários.

O acidente ocorreu numa loja de conveniência, chamada “*Little General Store, Inc.*”, que possui mais de 40 lojas de conveniência distribuídas pelo estado da Virgínia. Esta loja de conveniência era um conjunto de posto de gasolina com um mercado de conveniência. O gás propano era utilizado para cozimento de alimentos.

A figura 3.1 demonstra a área da loja assim como a localização dos tanques de propano e o terreno ao redor.

Figura 3.1: visão aérea da loja



Fonte: Adaptado de US. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2008

3.1 Eventos anteriores ao acidente

Como forma de elucidar o acidente, faz-se necessário uma contextualização dos cenários precedentes ao evento. A Southern Sun foi o primeiro fornecedor de propano para a loja que ocorreu o acidente, o tanque foi adquirido em 1988 e

instalado na loja no final de 1994.

Em 1996, a comerciante de propano Ferrellgas comprou os negócios da Southern Sun e realizou revisões necessárias em operações e sistemas de propano anteriores a compra. Em abril e junho de 2000, ocorreram mais duas revisões da instalação de propano na *Little General*.

Em outubro de 2006, a loja começou a troca de fornecedor de gás de Ferrellgas, tanque que era utilizado em vermelho da figura 3.1, para o fornecedor ThompsonGas Propane Partners, novo tanque adquirido em amarelo da figura 3.1.

A instalação do novo tanque foi iniciada em janeiro de 2007 por dois técnicos do fornecedor ThompsonGas. A expectativa era de que, no dia 30 de janeiro, fosse feita a transferência do propano ainda presente no tanque Ferrellgas (fornecedor anterior) para o tanque Thompson (recentemente instalado).

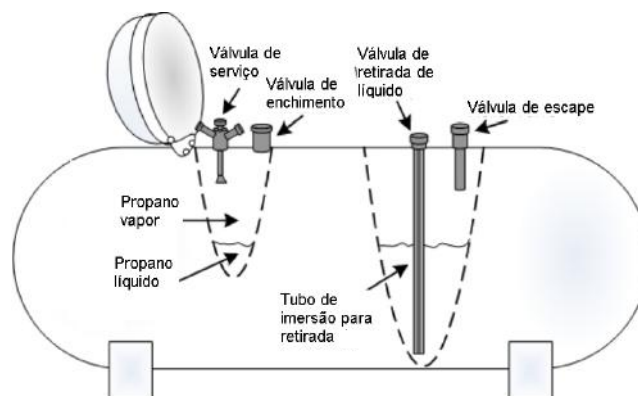
A transferência estava programada para ser realizada por um técnico-chefe com auxílio do técnico júnior. Para esse serviço de transferência há necessidade de treinamento, o qual o técnico líder concluiu em setembro de 2006 e tornou-se qualificado para tal. Em contrapartida, o técnico júnior, que estava no emprego apenas há um mês e meio, não havia realizado o treinamento formal para realizar o serviço sozinho.

3.2 Tanque de propano

O tanque de propano do acidente tinha capacidade para armazenar aproximadamente 1892,7 L (500 galões) e possuía dois reguladores de pressão para reduzir a pressão do gás a condições determinadas para abastecer os equipamentos da loja que utilizavam como fonte energética.

Além disso, possuía cinco conexões: uma para enchimento com válvula de retenção interna, um medidor de nível de líquido, uma válvula de alívio (dispositivo de segurança), uma válvula para fornecer propano gasoso aos reguladores e, por último, uma válvula de extração de líquido instalada em tubo de imersão interno para remover o propano líquido quando necessário. A figura 3.2 apresenta o tanque do acidente.

Figura 3.2: tanque do acidente

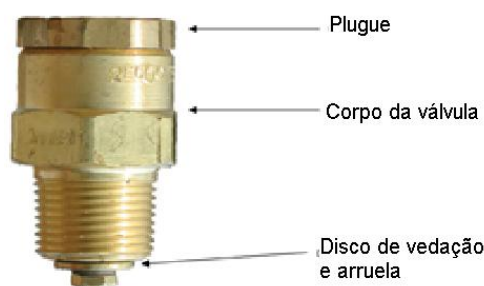


Fonte: Adaptado de US. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2008

Dispositivos de segurança devem ser levados em consideração quando tratam-se de produtos perigosos, principalmente se forem inflamáveis, para evitar possíveis acidentes. Sobre o tanque da figura 3.2, a válvula de retirada de líquido possuía alguns recursos de segurança, para evitar vazamento ou entrada de partículas estranhas, tais como: plugue de válvula com rosca, obturador de válvula que libera um pouco do gás indicando falha na válvula, um conector especial que, se aparafusado, abre a válvula e um disco de excesso de fluxo na válvula para limitar fluxo da substância.

A válvula de retirada do líquido possui um orifício perfurado que, em caso de vazamento, uma pequena quantidade do propano era pulverizado, indicando mau funcionamento do plugue e indicando maior atenção para retirada da válvula. A válvula é apresentada na figura 3.3.

Figura 3.3: Válvula do tanque Ferrellgas



Fonte: Adaptado de US. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2008

3.3 O acidente

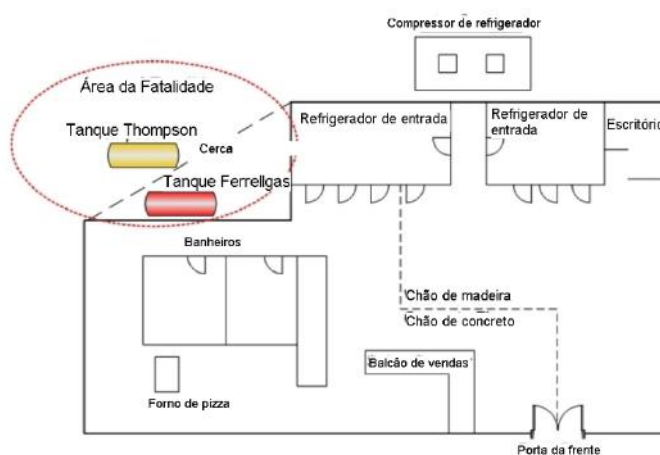
No dia 30 de janeiro, os dois técnicos foram até a loja Little General, o técnico líder deixou o técnico júnior trabalhando sozinho enquanto resolvia outras

pendências. Então, o técnico júnior removeu o plugue da válvula de retirada do líquido para que fosse possível iniciar a transferência de um tanque para outro. Ao iniciar o processo de abertura da válvula, houve a pulverização do propano indicando falha. Porém, o técnico não tinha conhecimento para detectar essa falha do sistema, visto que não havia sido formalmente treinado. Então, ao remover o plugue da válvula, houve o imediato vazamento do líquido propano atingindo o técnico júnior que teve queimadura no local.

No momento da ocorrência, o júnior ligou para o líder, solicitando planos de ação para conter o vazamento. O técnico líder então reportou-se ao suporte técnico da Thompson para obter melhor orientação.

Apesar da ligação entre o júnior e o líder, o júnior precisou recorrer ao telefone para emergências local solicitando ajuda de bombeiros para proteger a área. Concomitantemente às ligações, pessoas dentro da loja começaram a sentir o cheiro de gás, isso devido o líquido do propano ser altamente volátil e estar misturado com aditivo odorizante. Além disso, as pessoas também sentiram o odor rapidamente pelo fato da localização do tanque de propano ser contra a parede do edifício, que favorecia caminho direto do gás para o interior da loja. A figura 3.4 apresenta a planta da loja, mostrando a proximidade dos tanques com o interior da loja.

Figura 3.4: Planta da loja do acidente



Fonte: Adaptado de US. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2008

Após sete minutos da ligação para emergência, o capitão do Corpo de Bombeiros Voluntários de Ghent chegou ao local e assumiu a posição de comandante de bombeiros, solicitando o fechamento da loja e garantindo que não

havia ninguém fumando ao redor ou gasolina sendo bombeada, como forma de precaver qualquer explosão.

Posteriormente dois paramédicos chegaram em uma ambulância e trataram rapidamente da queimadura do técnico júnior proveniente do propano. Após receber um primeiro atendimento médico, o técnico júnior retorna com o comandante dos bombeiros para as proximidades dos tanques e o técnico líder chega. Mas na sequência a nuvem de propano explode, tirando a vida dos técnicos de propano, comandante e de um técnico de emergência médica.

A explosão foi tão forte que arremessou os tanques entre 15 a 24 metros de distância, destruiu o prédio, destruiu a ambulância do corpo de bombeiros e deixou veículos localizados no estacionamento danificados como apresentado no figura 3.5.

Figura 3.5: Foto do acidente da loja Little General.



Fonte: US. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2008

3.4 Conclusão da investigação

A partir dos fatos levantados, o *U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board* identificou as seguintes causas que levaram ao acidente:

- A localização dos tanques contra parede não foi identificada como ponto perigoso de acordo com o programa de inspeção e auditoria das fornecedoras, porém violava os regulamentos da *U.S. Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) pois facilitava a entrada do gás no estabelecimento;

- O técnico júnior estava trabalhando sozinho sem o treinamento formal para o serviço;
- Os atendentes de emergências foram treinados para eventos de emergência em geral, não possuindo treinamento específico para vazamento de propano líquido.

Ademais, outras conclusões foram levadas em consideração, como a falta de conhecimento de evacuação imediata no caso de vazamento de propano e a falta de conhecimento por parte do técnico que havia um defeito na válvula do tanque, que permaneceu na posição aberta liberando o gás que deu origem à explosão.

Além disso, o fato dos bombeiros receberem apenas um treinamento sobre emergências com materiais perigosos no início da sua jornada, não sendo necessária uma atualização após o treinamento, acaba deixando o conhecimento defasado.

4. GESTÃO DE SEGURANÇA

Processo é qualquer atividade que envolve uso, armazenamento, produção e/ou movimentação de substâncias. A segurança de processo assegura que a empresa além de estar de acordo com a legislação também evitará falhas que possam trazer prejuízos para produção, funcionários, meio ambiente e comunidades ao redor.

Com o passar dos anos, tratativas para redução de acidentes foram sendo criadas através da gestão de segurança. A figura 4.1 apresenta uma linha do tempo simplificada sobre a evolução dos sistemas preventivos, reforçando a ideia de que experiências servem de aprendizado para busca de melhoria contínua.

Figura 4.1: Evolução dos sistemas preventivos



Fonte: ABS Group Services do Brasil, 2011

O Instituto Americano de Engenheiros Químicos (AIChE) estabeleceu o Centro de Segurança para Processos Químicos (CCPS) para que pudesse auxiliar a indústria a prevenir e mitigar acidentes, além de auxiliar no gerenciamento de riscos. Sendo uma referência em gerenciamento de riscos, o CCPS elaborou um sistema chamado Segurança de Processos Baseado em Risco (RBPS). Este sistema apresenta quatro pilares com vinte elementos ao todo, apresentados na Tabela 4.1. Serão apresentadas as falhas de implementação de segurança utilizando os elementos do sistema RBPS nos acidentes da REDUC, da PEMEX, do restaurante da Praça Tiradentes e da loja de conveniência dos Estados Unidos. A análise será realizada sobre os elementos que foram mais impactados pelos acidentes.

Vale ressaltar que, embora os acidentes da REDUC, PEMEX e Restaurante Tiradentes serão analisados sob a ótica do RBPS, eles não tiveram o mesmo foco e volume de informações quanto do estudo de caso, o acidente da *Little Store*.

Sendo assim, é possível que outros elementos tenham falhados mas que não serão mencionados ao longo do trabalho.

Tabela 4.1: Os pilares e Elementos na Abordagem de RBPS

Pilares		Elementos	
1	Comprometimento com Segurança de Processo	1	Cultura de Segurança de Processo
		2	Conformidade com Padrões e Normas
		3	Competência em Segurança de Processo
		4	Envolvimento da Força de Trabalho
		5	Envolvimento das Partes Interessadas
2	Compreender Perigos e Riscos	6	Gestão do Conhecimento de Processo
		7	Identificação de Perigos e Análises de Risco
3	Gerenciar Riscos	8	Procedimentos Operacionais
		9	Práticas de Trabalho Seguro
		10	Integridade de Ativos e Confiabilidade
		11	Gestão de Contratados
		12	Treinamento e Garantia de Desempenho
		13	Gerenciamento de Mudanças
		14	Prontidão Operacional
		15	Conduta de Operações
		16	Gerenciamento de Emergência
4	Aprender com a Experiência	17	Investigação de Acidentes
		18	Indicadores e Monitoramento
		19	Auditorias
		20	Avaliação da Gestão e Melhoria Contínua

Fonte: Center for Chemical Process Safety, 2019

4.1 Comprometimento com a Segurança de Processo

O primeiro pilar descreve o comprometimento da empresa em relação a segurança, buscando uma cultura organizacional que preza pela segurança e que segue em conformidade com as normas. Para que isso seja viável, é importante que a liderança da empresa esteja alinhada a esse pilar, pois a partir da liderança que o comprometimento com a segurança irá perpetuar entre os colaboradores, seja pela motivação, treinamentos e incentivos.

4.1.1. Cultura de Segurança de Processo

Significa que a empresa tem valores voltados para segurança de processos e esses valores são propagados entre seus funcionários. Os colaboradores prezam por seguir protocolos e normas de segurança e a empresa possui ferramentas para estimular essa atitude.

No acidente da *Little Store* (Estados Unidos), foi observado que a empresa fornecedora de gás propano, Thompson, falhou nesse elemento. Isso porque o

técnico líder deixou o técnico júnior exercendo uma atividade sozinho, a qual demandava um treinamento que o mesmo não possuía. Além disso, não teve a conduta de solicitar o esvaziamento da loja de conveniência ao verificar o vazamento do gás. Com isso, a cultura de segurança se encontrava defasada nesta empresa.

4.1.2. Conformidade com Padrões e Normas

Diversas normas são implementadas nas empresas para que boas práticas sejam seguidas. Práticas essas que reforçam a segurança dos processos, a segurança dos colaboradores e do ambiente ao redor.

No acidente do restaurante da Praça Tiradentes a falha desse elemento é evidente em dois pontos: a falta de autorização para uso do GLP no local e também a utilização da mangueira do GLP fora das especificações.

Os botijões de gás estavam confinados no subsolo, indo contra as normas de armazenamento, pois, no caso de vazamento, o gás inflamável ficaria retido e acumulado em um local sem ventilação adequada. Essa falha foi o que acarretou a grande explosão: gás confinado e acumulado em um espaço sem ventilação.

Quanto à mangueira de GLP fora das especificações, o material era mais frágil que a mangueira correta e isso ocasionou o vazamento de gás. A falha nesse elemento foi bem evidente nesse acidente.

A loja *Little Store* estava irregular quanto a localização dos tanques de propano, uma vez que estes estavam contra a parede dos fundos propiciando a entrada de gás no interior da loja. Essa falha, que violou as normas da OSHA, foi um dos fatores contribuintes ao acidente e vai contra a conformidade deste elemento do sistema RBPS.

4.1.3. Competência em Segurança de Processo

A empresa preza por treinar e capacitar seus colaboradores para que tomadas de decisão sejam rapidamente tomadas. Além disso, disponibiliza manuais e informativos para consultas ao longo da jornada trabalhista.

Podemos verificar que houve falha nesse elemento em dois acidentes: na PEMEX (México) e na *Little Store* (Estados Unidos). Isso devido no primeiro acidente os colaboradores terem verificado uma queda de pressão na tubulação no painel de segurança, porém não tinham conhecimento técnico para identificar que o motivo da queda era o vazamento do gás. A partir da ausência desse conhecimento, não tiveram a tomada de decisão tanto de solicitar evacuação do

local quanto de cessar o vazamento.

Já no acidente da *Little Store*, os funcionários da própria loja também não tiveram o treinamento para situações emergenciais como vazamento de gás. Esse tipo de treinamento seria importante, uma vez que além de trabalharem com um gás inflamável, também estavam localizados perto de um posto de gasolina, que é fonte de outros gases inflamáveis. Assim, poderiam ter evacuado o local no início do vazamento.

Outro ponto crucial foi a execução do trabalho de transferência de propano entre os tanques pelo técnico júnior que não possuía o treinamento necessário, com isso impossibilitou a identificação do problema da válvula antes do vazamento do produto e a resposta imediata de solicitar o esvaziamento do local.

Sobre os Bombeiros que atenderam o local: eles recebem apenas um treinamento no início da carreira sobre emergências com materiais perigosos, não havendo obrigatoriedade de uma atualização ao decorrer da carreira. Esse treinamento seria importante, pois o indicado é primeiramente uma evacuação total do local e, em uma distância segura, uma análise do cenário para que posteriormente tivesse uma tomada de decisão. Além disso, houve falha ao não identificar que o gás estava se acumulando no interior da loja com pouca ventilação.

4.1.4. Envolvimento da Força de Trabalho

Todos os colaboradores devem ter funções relacionadas à segurança de processo, dentro do que é coerente ao seu cargo dentro da empresa. É importante que os funcionários entendam e saibam claramente quais são seus papéis para manter a segurança da organização, assim como dar sugestões de melhorias que acharem pertinentes. Deve-se haver uma ferramenta de engajamento, para que o colaborador mantenha-se determinado em agir de acordo com seu cargo associado à segurança.

No caso do acidente da *Little Store*, cabia ao técnico líder ser exemplo em envolvimento no trabalho e na segurança, porém houve falha ao deixar de exercer sua função, visto que era o único com treinamento para atividade, e se afastando do local durante a troca do gás. Isso demonstra o quanto é importante que as pessoas se envolvam nas suas funções, principalmente em atividades relacionadas à segurança operacional.

4.1.5. Envolvimentos das Partes Interessadas

As partes interessadas são pessoas afetadas por uma operação,

diretamente ou indiretamente. A transparência dos impactos operacionais com os demais torna a empresa mais confiável e auxilia na segurança. Esse auxílio é devido à ciência dos procedimentos de segurança por parte de todos os envolvidos em caso de situações emergenciais.

Esse elemento está relacionado não só aos colaboradores, mas também pessoas que estão ao redor. Com isso, pessoas ao redor precisam estar cientes dos perigos que podem acontecer e quais providências tomarem caso necessário.

Dentre os acidentes apresentados, o acidente da PEMEX (México) foi o que mais teve impacto por causa da falha desse elemento. Isso em virtude de sua instalação estar muito próximo à comunidade e, no momento de queda de pressão da tubulação, não houve sinalização para que os moradores tivessem a conduta de deixar o local. Com isso, teve-se um alto número de mortes e feridos.

4.2 Compreender Perigos e Riscos

O segundo pilar relata sobre a compreensão dos perigos e riscos oriundos das operações da empresa. O conhecimento dos processos e a identificação dos perigos e riscos são importantes para que sirvam de referências para aperfeiçoar o sistema de segurança. Sendo a análise de risco um dos elementos desse pilar. Assim, experiências anteriores servem de base para esse pilar e para que a partir delas seja possível trabalhar em melhorias e no gerenciamento dos riscos.

4.2.1 Identificação de Perigos e Análises de Risco

Esse elemento aborda os riscos presentes na operação a partir de uma análise crítica. A intenção é que todas as etapas operacionais sejam discutidas e que ações mitigadoras sejam apresentadas. Refletir sobre quais perigos podem ocorrer, quais as consequências e a frequência deles são pontos-chaves para essa análise. A análise de risco deve incluir os colaboradores, as instalações da empresa e as redondezas.

No cenário do restaurante na Praça Tiradentes, esse elemento não esteve presente, visto que uma análise de risco poderia descrever o perigo de armazenar botijões de GLP no subsolo do estabelecimento. Essa análise apresentaria o risco de vazamento, assim como a consequência do acúmulo de gás em espaço confinado seguido de uma explosão na presença de uma fonte de ignição.

No caso da PEMEX, a análise de risco apresentaria a problemática de se ter uma comunidade próxima às instalações com operações utilizando gases

inflamáveis. Haveria uma análise do quanto as pessoas seriam afetadas caso tivesse um vazamento de gás e apresentariam as ações plausíveis que poderiam executar para mitigar tanto o vazamento quanto o aumento de população ao redor.

4.3 Gerenciar Riscos

O terceiro pilar descreve o gerenciamento de riscos de forma eficiente a partir do momento que a organização compila as informações a cerca dos riscos de seus processos. Os elementos apresentam a forma como a empresa se comporta para que acidentes sejam evitados.

4.3.1 Procedimentos Operacionais

São procedimentos documentados em manuais para especificar como proceder em determinadas atividades. Assim como descrever a forma que o colaborador deve agir, um procedimento operacional mais completo apresenta também os itens essenciais para execução da atividade, como materiais, tempo e parâmetros, além de apresentar os riscos envolvidos. Procedimentos operacionais são importantes para manter a padronização de atividades pelos os funcionários da organização.

No acidente da REDUC (Rio de Janeiro), esse elemento poderia ser utilizado pelo operador ao abrir a válvula para retirada de água. A causa do acidente foi o congelamento da válvula por conta do vazamento do gás, vazamento este que foi devido o esquecimento da válvula aberta pelo operador. Caso o funcionário seguisse um procedimento operacional, ele estaria ciente do tempo necessário para que a válvula ficasse aberta com a finalidade apenas de drenar a água. Assim, o risco de vazar o gás liquefeito de petróleo seria reduzido e a tubulação não teria congelado. Vale ressaltar que para incentivar os funcionários a seguirem os procedimentos operacionais seria necessário tanto treinamentos como também a escuta ativa para contribuição dos funcionários no momento da elaboração dos procedimentos, como forma de envolvê-los com a responsabilidade.

Já no acidente da Little Store (Estados Unidos), um procedimento operacional para troca de gás entre os tanques auxiliaria o técnico a executar de maneira segura através da descrição detalhada de cada etapa para atividade. Assim, uma etapa estaria relacionada à verificação de odor, indicando falha no sistema, e um plano de ação estaria descrito. Portanto, o técnico teria o conhecimento da falha e poderia prevenir o acidente, interrompendo a atividade.

4.3.2 Condução das Operações

É a forma como os colaboradores estão conduzindo as operações de forma eficiente e segura. Cabe nesse elemento não somente seguir procedimentos e normas como treinamentos para os mesmos, mas também a boa comunicação entre os setores envolvidos na atividades para que haja transparência em todo o processo.

Na situação do PEMEX (México), houve o aviso na sala de controle sobre a queda de pressão na tubulação mas a mensagem não foi passada para os demais setores. A falta de conhecimento sobre o motivo da queda de pressão e a falta de comunicação acabou não identificando o vazamento de gás e também não alertando aos demais envolvidos acerca do perigo. A falha neste elemento foi pela ausência da conduta de segurança dos operadores em comunicar o que estava ocorrendo, com intuito de algum setor poder identificar o problema assim como também poder se precaver do acidente.

4.3.3 Treinamento e Garantia de Desempenho

Este elemento é voltado para o treinamento dos colaboradores nas suas devidas funções, assim como, quando necessário, reciclagens de novas capacitações. Dessa forma, o colaborador está em constante contato com a parte técnica e prática das suas atividades para melhor executá-las.

Este elemento teve falha no acidente da *Little Store* (Estados Unidos da América) tanto por falta de treinamento do técnico júnior quanto por parte dos Bombeiros. O técnico júnior ainda não estava qualificado para realizar a troca de gás propano entre os tanques, pois não havia recebido o treinamento como o seu técnico líder. Sendo assim, o técnico júnior não havia discernimento de que existia uma falha no tanque de propano antes do vazamento começar.

A falha deste elemento por parte dos Bombeiros deve-se à forma como eles agiram durante o chamado de emergência. Eles estiveram mais atentos em não ter uma fonte de ignição do que averiguar em uma distância segura se o local estava acumulando gás. Como os Bombeiros só tiveram um treinamento no início da carreira sobre combate com segurança de acidente envolvendo material perigoso, ficou devasado ao longo do tempo, sendo necessário uma reciclagem sobre o assunto.

4.4 Aprender com a Experiência

O último pilar apresenta a forma como falhas anteriores trazem

aprendizados e melhorias para o gerenciamento de riscos. A partir dessas experiências, os planos de ações e melhorias são traçados e utilizados como parâmetro nas decisões da empresa.

4.4.1 Auditorias

Servem para verificar a condução dos processos na empresa, assim como se a gestão de segurança está sendo eficiente. Existem as auditorias internas, as quais as próprias empresas possuem um setor responsável, e as auditorias externas, as quais são regidas através da legislação do setor. A auditoria é importante também para propor planos de ação caso tenham pontos divergentes às normas ou documentações da empresa.

No caso da *Little Store* (Estados Unidos da América), houve inspeções das empresas fornecedoras de gás propano ao longo dos anos. A empresa Ferrellgas possuía auditorias periódicas, as quais analisava a segurança e qualidade de seus serviços prestados. Porém, as auditorias da Ferrellgas não eram documentadas adequadamente e eram mais voltadas para segurança básica do que em gestão de segurança. Houve falha na inspeção da Ferrellgas na *Little Store* por não ter verificado o perigo do tanque de propano ficar localizado contra a parede do estabelecimento, favorendo que o gás entrasse no recinto no caso de vazamento.

5. CONCLUSÃO

Acidentes envolvendo gás liquefeito de petróleo podem ter diferentes origens e tomar grandes proporções como apresentados ao longo deste trabalho. Todos os acidentes são relacionados ao vazamento do GLP, que por falha em conhecimento técnico sobre operações com gases inflamáveis não houve um plano de ação para reter o vazamento e evitar as explosões.

A gestão de segurança serve para precaver acidentes através de uma análise de risco e elaboração de planos de ação para mitigá-los. Assim, o sistema de RBPS é uma ferramenta para uma empresa gerenciar seus riscos. Através do RBPS, pode-se observar neste trabalho as falhas nos acidentes e como as empresas poderiam ter evitado se estivessem alinhadas a alguns elementos do sistema de segurança. Os elementos que falharam nos acidentes foram compilados na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Elementos que falharam nos acidentes com GLP

Pilar	Elementos	Acidentes			
		REDUC (Duque de Caxias)	PEMEX (México)	Restaurante da Praça Tiradentes (RJ)	Little Store (Estados Unidos)
Comprometimento com Segurança de Processos	Cultura de Segurança de Processo				X
	Conformidade com Padrões e Normas			X	X
	Competência em Segurança de Processo		X		X
	Envolvimento da Força de Trabalho				X
	Envolvimento das Partes Interessadas		X		
Compreender Perigos e Riscos	Identificação de Perigos e Análises de Risco		X	X	
Gerenciar Riscos	Procedimentos Operacionais	X			X
	Condução de Operações		X		
	Treinamento e Garantia de Desempenho				X
Aprender com Experiência	Auditorias				X

Assim, de acordo com o levantamento da tabela 5.1, pôde-se concluir que o pilar “Comprometimento com Segurança de Processos” foi o que apresentou falha em todos os elementos ao longo dos quatro acidentes apresentados. Sendo este pilar o ponto de partida para se ter uma boa conduta de segurança dentro de uma organização, pois é a partir do comprometimento e treinamento dos colaboradores que os demais pilares são melhores direcionados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. O Dia em que a REDUC explodiu. **Diário do Rio**. Disponível em: <<https://diariodorio.com/o-dia-em-que-a-reduc-explodiu/>>. Acesso em: 8 fev. 2022.

ALECRIM, M. Imprudência mortal. **Istoé**. Disponível em: <https://istoe.com.br/168191_IMPRUDENCIA+MORTAL/>. Acesso em: 24 out. 2021.

MILHORANCE, F.; LIMA, L.; DAFLON, R. Explosão em prédio na Praça Tiradentes deixa mortos e feridos. **Extra**. Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/rio/explosao-em-predio-na-praca-tiradentes-deixa-mortos-feridos-2752698.html>>. Acesso em: 24 out. 2021.

Caso 058: O Desastre de San Juanico (1984). Inspeção de Equipamentos: Estudo de Casos. Disponível em: <<http://inspecaoequipto.blogspot.com/2014/02/caso-058-o-desastre-de-san-juanico-1984.html>>. Acesso em: 24 out. 2021.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY - CCPS. Indicadores de Segurança de Processo. Guia de seleção de indicadores proativos e reativos. Tradução realizada pela RSE Consultoria, 2019. Disponível em: <https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/pages/ccps_process_safety_metrics_-_v3.1_-_pt_final.pdf> Acesso em: 20 nov. 2021

CL-A COMUNICAÇÕES S/C LTDA. Os Pioneiros do GLP: meio século de história. São Paulo, 1990. 2ª Edição.

U.S. CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD. INVESTIGATION REPORT – LITTLE GENERAL STORE – PROPANE EXPLOSION. Ghent, West Virginia. 2007.

BRASIL. PETROBRÁS. Gás Liquefeito de Petróleo, Informações Técnicas. Brasil. 2019.

Cidade do México | Análise de Risco Tecnológico. CETESB. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/grandes-acidentes/cidade-do-mexico/>>. Acesso em: 24 out. 2021.

American Institute of Chemical Engineers. Guidelines for Risk Based Process Safety, 2014. Disponível em: <<https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/summaries/overview-of-risk-based-06-25-14.pdf>>. Acesso em: 15 nov 2021.

PEREIRA, W. Conheça a história do GLP e como surgiu em terras brasileiras. Gaslog. Disponível em: <<https://gaslogbr.com.br/conheca-a-historia-do-glp/>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

GLP – gás liquefeito de petróleo. Consigaz. Disponível em: <<https://www.consigaz.com.br/gas-glp/>>. Acesso em: 17 set. 2021.

Alteramos os contratos de fornecimento de GLP com distribuidoras. Petrobras. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/alteramos-os-contratos-de-fornecimento-de-glp-com-distribuidoras.htm>>. Acesso em: 8 fev. 2022.

Produtos. Smart Gás. Disponível em: <<https://www.smartgas.com.br/produtos>>. Acesso em: 8 fev. 2022.

Support Business related to Damage Assessment caused by BLEVE Phenomenon Explosion. Explosion Research Institute INC. Disponível em: <<http://bakuhatu.jp/en/explosion-2/bleve/>>. Acesso em: 8 fev. 2022.

Dono do Filé Carioca é condenado por explosão que matou quatro pessoas. Poder Judiciário Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.tjrj.jus.br/noticias/noticia/-/visualizar-conteudo/5111210/6710379>>. Acesso em: 8 fev. 2022.

30 de março de 1972 – O dia que a Reduc explodiu. Sindipetro Paraná e Santa Catarina. Disponível em: <<https://www.sindipetroprsc.org.br/site/index.php/noticias/item/3871-30-de-marco-de-1972-o-dia-que-a-reduc-explodiu>>. Acesso em: 23 out. 2021.

TORRES, Lívia. Testemunhas dizem que fogo Testemunhas dizem que fogo em depósito de gás em Caxias, RJ, começou em caminhão. Jornal G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2021/11/03/testemunhas-dizem-que-fogo-em-deposito-de-gas-em-caxias-rj-comecou-em-caminhao-video.ghtml>> . Acesso em: 30 nov. 2021.

Gás de Botijão GLP - 10 orientações para garantir seus direitos e sua segurança. Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/cartilhas-e-guias/arq/gas-botijao-glp-10-orientacoes/glpind.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2021

Os diferentes usos do GLP os principais tipos de indústria. Disponível em: <<https://www.supergasbras.com.br/super-blog/negocio/2019/os-diferentes-usos-do-glp-nos-principais-tipos-de-industria>>. Acesso em: 23 jan. 2022