



**Acidentes por Asfixia com Nitrogênio
Analisados sob a Ótica do RBPS e da
NR-33**

Daniel Vieira Way

Projeto Final de Curso

Orientador

Prof. Carlos André Vaz Júnior, D.Sc.

Fevereiro de 2021

Acidentes por Asfixia com Nitrogênio Analisados sob a Ótica do RBPS e da NR-33

Daniel Vieira Way

Projeto Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por:

Flávia Chaves Alves, D.Sc. – DEQ / UFRJ

Rodolpho Cardoso David Pereira, B.Sc. – EQ / UFRJ

Orientado por:

Carlos André Vaz Júnior, D.Sc. – DEQ / UFRJ

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Fevereiro de 2021

*“Em questões de ciência, a autoridade de milhares
não vale o humilde raciocínio de um único indivíduo.”*

Galileu Galilei

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Steven e Bianca, poderia agradecer, por milhões de coisas. Entretanto, gostaria de agradecer simplesmente por serem, de longe, as duas pessoas mais amorosas que conheço. Não tenho palavras pra descrever a felicidade e orgulho de ser seu filho. Meu amor por vocês é infinito.

À minha irmã (que é a melhor do mundo), Débora, minha Engenheira Química, Doutora, Pesquisadora, Cientista Louca... Cada vez que ouvia na Escola de Química “Você é irmão da Débora Way? Nossa, a sua irmã era uma aluna maravilhosa e um doce de pessoa.” meu coração se enchia de orgulho. Sua reação quando avisei que havia me inscrito no vestibular para Engenharia Química é uma das melhores e mais fortes memórias que tenho de toda minha vida. Conta comigo pra vida toda, Babinha! Sem você, nada disso seria possível. Te amo!

Ao meu tio, Anderson, que sempre foi um amigão na minha vida. Apesar da distância, tenha a certeza de que você, a Dani e o Lucas sempre poderão contar comigo.

À Joyce, minha *bookstagrammer* favorita, por ser uma companheira incrível, sempre paciente e carinhosa comigo, me estimulando mesmo nos piores momentos. Pra você, todos os biscoitos do mundo!

To my family in the U.S., Vó Anita, Tia Dine, Tia Lene and Julia, for all the love despite the distance.

Ao Rodolpho, Ney, Gustavo e Bruno, meus heróis na engenharia, por todos os ensinamentos e carinho com um “menino” completamente inexperiente que foi moldado pelas suas mãos em um engenheiro de verdade. A vocês, pessoas excepcionais que tenho o prazer de chamar de amigos, toda a minha gratidão.

Ao professor que se tornou um amigo, Carlos André, agradeço não só pela orientação, mas também por todas as conversas, brincadeiras e conselhos.

Aos amigos de Escola de Química, Pedro, Seixas, Clarice, Dandan, Dudu, Lucio, André, Leilane, Castanha, Joca, Wallo, Bruno, Daniel e Paula, todo o meu carinho. A jornada foi muito mais prazerosa ao lado de vocês.

Aos meus avôs, Vieira, Jorgina e Marion, que infelizmente partiram antes que concluísse o curso, toda a minha saudade e a certeza de que estão vibrando por essa conquista aí em cima.

Resumo do Projeto Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

ACIDENTES POR ASFIXIA COM NITROGÊNIO ANALISADOS SOB A ÓTICA DO RBPS E DA NR-33

Daniel Vieira Way

Fevereiro de 2021

Orientador: Carlos André Vaz Júnior, Dsc.

A realização de tarefas em espaços confinados é complexa e requer perícia e atenção para sua execução segura. Com o desenvolvimento industrial e um número cada vez maior de trabalhadores envolvidos em plantas de processos químicos, a atenção precisou se voltar as boas práticas de segurança para evitar que o número de acidentes crescesse na mesma proporção. Com isso, a segurança de trabalho, voltada para a proteção do trabalhador na execução de sua atividade profissional, e a segurança de processo, relacionada com a segurança do processo químico em si, crescem em importância. As normas regulamentadoras e sistemas de gestão de segurança de processo começam a ter maior destaque e seu atendimento se torna essencial.

Este trabalho analisa dois acidentes industriais, de Valero (2005) e da Union Carbide (1998), por asfixia com nitrogênio em espaços confinados. Nele são analisados os principais desvios desses acidentes sob a ótica do RBPS (*"Risk Based Process Safety"*), sistema de gestão de segurança de processo do *Center for Chemical Process Safety*, e da norma regulamentadora nº 33 "Segurança e saúde no trabalho em espaços confinados". Além disso, uma comparação entre o RBPS e a NR-33 é feita, apresentando os principais pontos de sinergia e indicando sua complementaridade. Ao fim, os principais aspectos de segurança negligenciados são destacados, com a apresentação de algumas lições aprendidas.

SUMÁRIO

1	Introdução	6
2	Revisão Bibliográfica	10
2.1	Segurança e Saúde do Trabalho.....	10
2.2	Espaços Confinados	14
2.3	Normas Regulamentadoras	17
2.4	Espaço Confinado.....	23
2.5	Acidentes por Asfixia em Espaços Confinados	23
2.6	Segurança de Processo	25
3	Metodologia RBPS e seus paralelos com a NR-33.....	36
4	Descrição dos Acidentes	42
4.1	Acidente da Valero.....	42
4.2	Acidente da Union Carbide	48
4.2.1	Informações Gerais.....	48
4.2.2	Dinâmica do Acidente	49
5	Análise de falhas dos acidentes pela ótica da NR-33 e do RBPS.....	52
5.1	Acidente de Valero e os desvios em relação à NR-33 e ao RBPS	52
5.2	Acidente da Union Carbide e os desvios em relação à NR-33 e ao RBPS 59	
5.3	Consolidação das infrações por elemento do RBPS e seção da NR-33 64	
6	Conclusões.....	67
7	Referências Bibliográficas	70

1 Introdução

Com o crescimento industrial das últimas décadas, ficou flagrante a necessidade de implantação de boas práticas de segurança de forma a evitar que o número de acidentes crescesse linearmente com o aumento do número de instalações e respectivas capacidades de produção. A forma como acidentes / incidentes passaram a ser enxergados não apenas como consequência de ações isoladas mas como resultado de um contexto organizacional desfavorável (DIEN; LLORY; MONTMAYEUL, 2004) contribuiu para o surgimento de modelos de análise de risco e/ou uma série de normas e padrões de segurança internacionais. Nesse contexto surgem iniciativas visando melhorias de segurança ao redor do mundo como, por exemplo, Diretiva Seveso, o *Process Safety Management*, PSM (OSHA, 2000), e o Regulamento Técnico do Sistema de Gestão de Segurança Operacional das Instalações Marítimas de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural, RT SGSO (ANP, 2019). Verificando os três exemplos citados, a Diretiva Seveso tem como objetivo impor aos países da União Europeia a identificarem suas zonas industriais e os riscos de acidentes graves. Em tempo, devido à relevância do evento, vale esclarecer a origem do nome “Diretiva Seveso”. Este foi dado devido ao acidente ocorrido na cidade de Seveso, Itália, onde um vazamento em grande escala de 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina resultou na morte e sacrifício de mais de 70.000 animais, enquanto quase 200 pessoas ficaram feridas ou com algum sintoma decorrente do contato com a dioxina (CENTEMERI, 2010). No segundo exemplo, o PSM da *Occupational Health and Safety Administration*, por sua vez, é um sistema de gestão de segurança que visa reduzir os riscos e preservar a segurança. Por fim, o RT SGSO se trata de um regulamento de segurança operacional para instalações *offshore* de perfuração e produção de petróleo e gás natural elaborado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) objetivando preservar a segurança pessoal e preservar o meio ambiente. Um princípio que vem se destacando nos últimos tempos é o *Risk Based Process Safety*, RBPS (CCPS, 2007), ou Segurança de Processo Baseada em Risco. Este sistema “separa” os riscos de acordo com sua criticidade, indicando os locais que mais necessitam de atenção, desta forma indicando os melhores pontos para serem realizados investimentos.

De forma semelhante ao crescimento da preocupação com a segurança de processo, a segurança do trabalho vem recebendo mais atenção de companhias e governos, onde o bem estar físico e mental dos trabalhadores cresceu em importância. No Brasil, a Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) prevê as chamadas Normas Regulamentadoras (SENADO FEDERAL, 2017). Estas normas têm por objetivo a padronização de equipamentos, serviços e análises de maneira a garantir a segurança dos trabalhadores. Dentre estas normas, podemos citar algumas muito utilizadas no cenário industrial: a NR-5 “Comissão Interna de Prevenção de Acidentes”, a NR-6 “Equipamento de Proteção Individual”, a NR-10 “Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade”, NR-20 “Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis” e a NR-33 “Segurança do Trabalho e Saúde em Espaços Confinados”.

Alguns dos principais pontos de um ambiente seguro são a cultura de segurança e o aprendizado a partir de acidentes passados. A cultura de segurança pode ser interpretada como um conjunto de fatores adotados por uma instituição capazes de influenciar positivamente no comportamento e atitudes de seus empregados em busca de um ambiente mais seguro e saudável (CHOUHRY; FANG; MOHAMED, 2007). Um local com essa característica bem estabelecida pode ser interpretado como um ambiente onde os colaboradores se encontram comprometidos com a segurança de processo e compartilham de seus valores. Quaisquer processos industriais necessitam passar por análises de segurança (pessoal e de processo) e, sendo assim, tão logo a cultura de segurança seja bem difundida pelos empregados, mais facilmente todo este processo é aceito. Sua difusão precoce permite evitar, ou ao menos diminuir, a possibilidade de fatores culturais, do ponto de vista local, se transformarem em barreiras às mudanças necessárias à implementação das práticas de segurança estabelecidas (GONÇALVES FILHO; ANDRADE; MARINHO, 2011). Estas considerações nos demonstram que um ambiente seguro pode ser construído apenas com a colaboração de todos para o sucesso do sistema de segurança. Em relação ao aprendizado a partir de acidentes passados, este é um elemento amplamente reconhecido como um dos pilares da segurança de processo (LE COZE; LIM; DECHY, 2008) e de trabalho. De acordo com a observação destes cenários, é possível que sejam corrigidos erros humanos, procedimentais ou que se criem novos padrões visando um trabalho seguro.

Neste trabalho são analisados dois acidentes industriais com asfixia em espaços confinados – Acidente da *Valero* e Acidente da *Union Carbide* – a partir da ótica da NR-33 e dos 20 elementos da segurança de processo da metodologia *Risk Based Process Safety* (RBPS) do *Center for Chemical Process Safety* (CCPS). Entende-se espaço confinado como sendo qualquer lugar de difícil acesso e renovação do ar, como, por exemplo, reatores industriais, bueiros ou grandes tubulações. A motivação por analisar acidentes em espaços confinados é fruto do elevado índice de feridos em acidentes neste tipo de trabalho. Como podemos observar na Figura 1.1, que apresenta o percentual de feridos em acidentes em espaços confinados na Coréia do Sul, Estados Unidos e Japão, temos que, por exemplo, no ano de 2001, para cada 100 acidentes na Coréia do Sul dezesseis pessoas ficaram feridas.

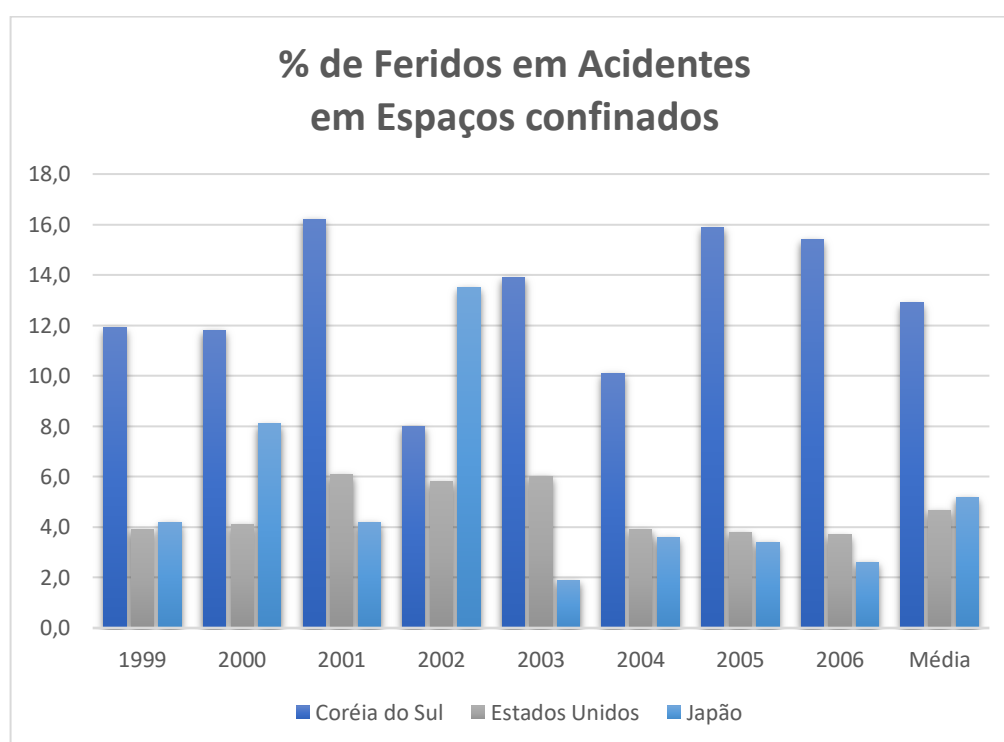


Figura 1.1 - Percentual de Feridos em Acidentes em Espaços confinados na Coréia do Sul, Estados Unidos e Japão (LEE et al., 2016)

Os acidentes de Valero e da Union Carbide, reportados e disponibilizados pelo *U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board* (CSB), foram escolhidos pela similaridade entre si. Ambos reportam asfixia por nitrogênio em espaços confinados permitindo que seja realizado um paralelo entre eles, mas,

principalmente, por uma diferença fundamental entre eles. Enquanto um ocorreu com empregados terceirizados que, apesar de possuírem anos de experiência em serviços de manutenção, não tinham maiores conhecimentos de processo (Valero), o outro atingiu funcionários experientes com múltiplos anos de trabalho dedicados à planta, sendo o líder responsável pelo serviço um ex-funcionário cujo cargo anterior era de “Especialista da Área de Reações” da unidade (Union Carbide). Estes fatos permitem realizar a verificação de quais elementos de segurança falharam (ou não) em cada caso e seus possíveis motivos.

O objetivo do trabalho é realizar a análise de dois acidentes industriais por asfixia com nitrogênio em espaço confinado sob a ótica do RBPS e da NR-33, apontando os principais desvios e as lições aprendidas. A estrutura do estudo foi desenvolvida de maneira que fossem inicialmente introduzidos os conceitos de segurança do trabalho e segurança de processo, bem como seus órgãos, padrões e sistema de gestão reguladores, dando enfoque à NR-33 e ao RBPS de maneira a possibilitar a compreensão das análises realizadas. Os acidentes são então apresentados e, logo em seguida, é feita uma comparação entre o RBPS e a NR-33. Feitas as comparações, os acidentes são analisados sob a ótica tanto do RBPS quanto da NR-33. Para concluir o trabalho, em acordo com o conceito de aprendizado através de experiências, são apresentadas as lições aprendidas.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Segurança e Saúde do Trabalho

O conceito de segurança é, muitas vezes, deixado de lado pelas ciências organizacionais, sendo importante seu esclarecimento. Definindo Segurança e Saúde do Trabalho (SST), podemos considerá-la como uma virtude do trabalho que reflete a baixa probabilidade de acidentes com danos pessoais, materiais ou ao meio ambiente. (BEUS; MCCORD; ZOHAR, 2016).

Atualmente, no Brasil, as principais normas que regulam a SST estão previstas no Capítulo 5 da Consolidação das Leis de Trabalho (CLT), artigos 154 ao 223 (SENADO FEDERAL, 2017), nas deliberações da Organização Internacional do Trabalho e nas Normas Regulamentadoras.

Acidentes de trabalho são definidos como acidentes ocorridos durante a execução da atividade profissional ou no deslocamento entre residência e o trabalho (INSS, 2020). Estes acidentes devem, obrigatoriamente, ser comunicados a Previdência Social via Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), devendo, preferencial, mas não necessariamente, ser feito pela empresa.

Na Figura 2.1 podemos observar alguns dados relacionados a acidentes de trabalho notificados (via CAT). Os números das figuras 2.1, 2.2 e 2.3 se referem apenas aos empregados com vínculo regular no município do Rio de Janeiro/RJ e consideram acidentes de trabalho de maneira geral.

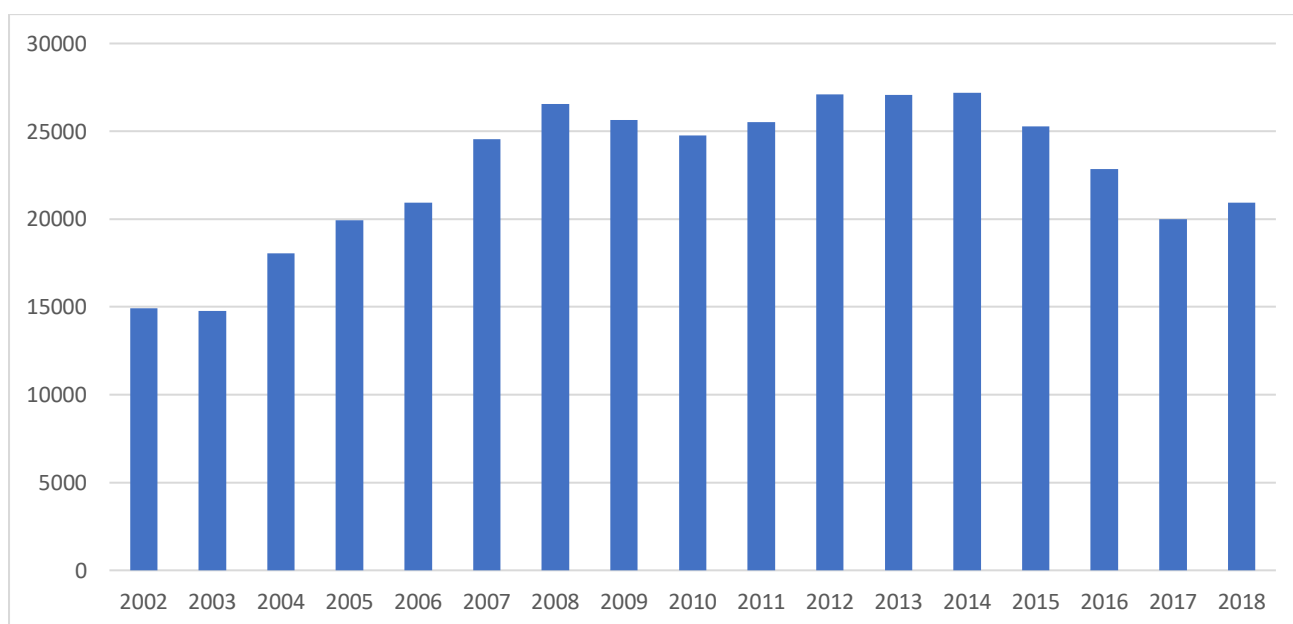


Figura 2.1 – Acidentes de Trabalho Notificados por Ano no município do Rio de Janeiro (PLATAFORMA SMARTLAB, 2018)

De forma semelhante, temos os dados de acidentes de trabalho com óbito notificados (via CAT) na Figura 2.2.

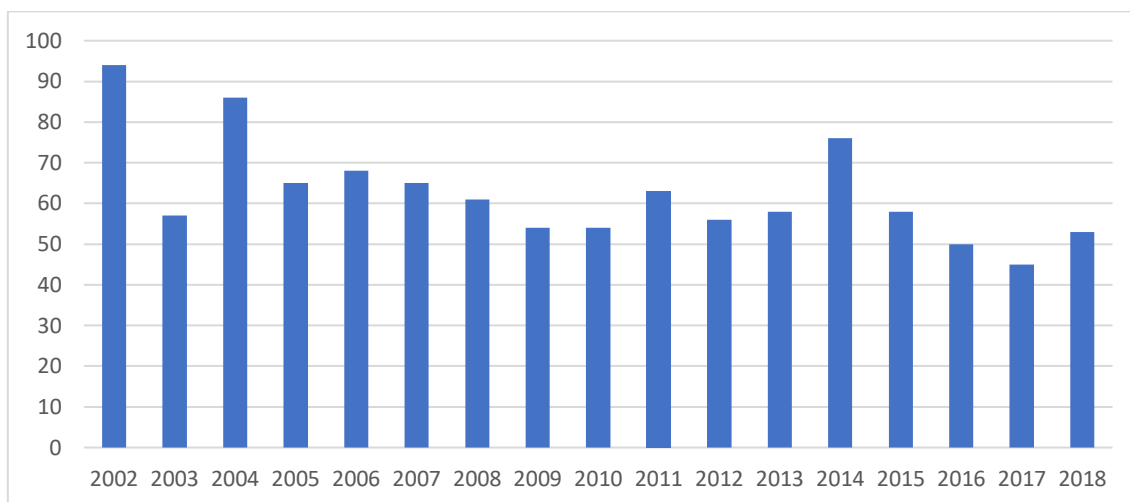


Figura 2.2 - Acidentes de Trabalho Notificados (CAT) com Óbito no Município do Rio de Janeiro (PLATAFORMA SMARTLAB, 2018)

Com esses dados em mãos, temos a possibilidade de estimar um percentual de óbitos por acidente de trabalho quando considerados apenas os acidentes notificados sem qualquer extrapolação para compensação de subnotificações. Desta forma, obtemos quais os piores anos, proporcionalmente, no quesito óbitos, vide Tabela 2.1.

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Acidentes Notificados	14.920	14.768	18.045	19.919	20.934	24.551	26.547	25.643	24.777
Acidentes Notificados com Óbitos	94	57	86	65	68	65	61	54	54
Óbitos para cada 1000 Acidentes	6,3	3,9	4,8	3,3	3,2	2,6	2,3	2,1	2,2

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Acidentes Notificados	25.520	27.109	27.059	27.185	25.271	22.853	20.000	20.948	
Acidentes Notificados com Óbitos	63	56	58	76	58	50	45	53	
Óbitos para cada 1000 Acidentes	2,5	2,1	2,1	2,8	2,3	2,2	2,3	2,5	

Tabela 2.1 – Óbitos por 1000 Acidentes no município do Rio de Janeiro (PLATAFORMA SMARTLAB, 2018)

Analisando os dados da Tabela 2.1, percebemos que a maior proporção de óbitos para cada 1000 acidentes ocorreu nos cinco primeiros anos do intervalo analisados: 2002 (6,3), 2003 (3,9), 2004 (4,8), 2005 (3,3) e 2006 (3,2). Nos demais, tivemos valores relativos mais baixos com variações pouco significativas entre si indicando, possivelmente, uma melhora nos procedimentos de segurança com o surgimento normas (principalmente a partir de 1977) e procedimentos mais sólidos.

Vale mencionar que, devido à crise econômica que afligiu o Brasil no ano de 2008, era de se esperar que ocorresse uma queda no número de empregos formais. Apesar disso, no município do Rio de Janeiro, ocorreu um aumento nesse número em todos os anos entre 2008 e 2014, conforme Figura 2.3.

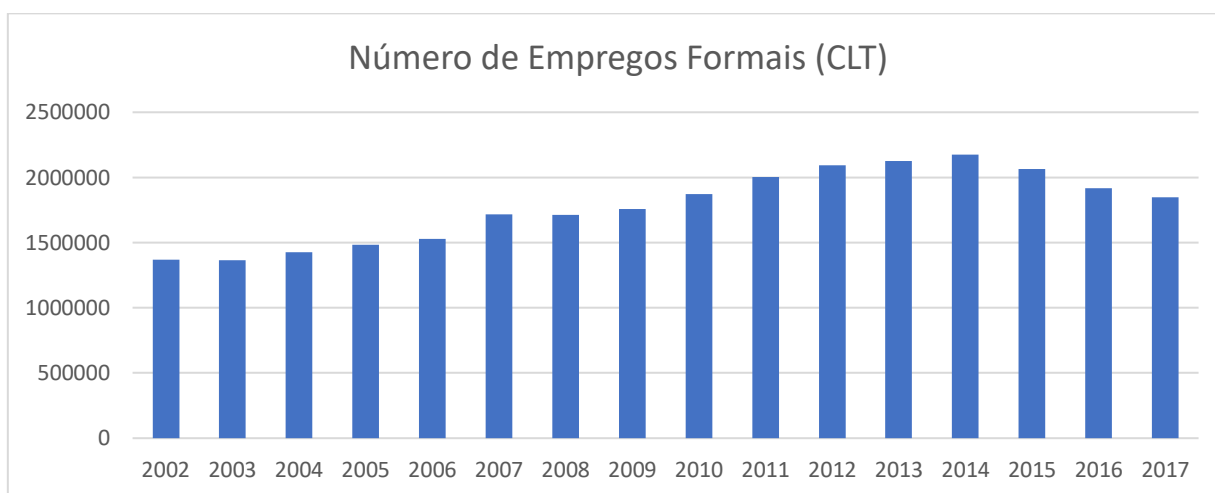


Figura 2.3 – Número de Empregos Formais (PLATAFORMA SMARTLAB, 2018)

O aumento observado faz com que nos deparemos com um fenômeno interessante. Analisando os anos 2008 a 2014, é percebida relativa estabilidade no número de acidentes notificados, apesar do aumento no número de vagas formais. Tal fenômeno também nos indica potencial melhora nas condições de segurança dos trabalhadores, devido à redução proporcional do número de acidentes por empregados no período. Observando a Tabela 2.2, percebemos uma diminuição do número proporcional de acidentes por vagas formais entre os anos de 2008 e 2014, seguido de uma estabilização com pequenas oscilações desses valores. Apesar dessa redução na última década, é importante ressaltar

que a estabilização ocorreu em valores ainda altos, devendo a busca pela sua redução ser mantida.

Ano	2008	2009	2010	2011	2012
Acidentes Notificados	26.547	25.643	24.777	25.520	27.109
Número de Empregados	1.711.994	1.756.706	1.871.032	2.004.087	2.091.276
Relação Acidentes / Empregados	1,55%	1,45%	1,34%	1,27%	1,29%

Ano	2013	2014	2015	2016	2017
Acidentes Notificados	27.059	27.185	25.271	22.853	20.000
Número de Empregados	2.127.610	2.173.757	2.063.680	1.915.592	1.848.594
Relação Acidentes / Empregados	1,27%	1,02%	1,22%	1,12%	1,08%

Tabela 2.2 – Relação de Acidentes por número de empregos formais (PLATAFORMA SMARTLAB, 2018)

Em relação a acidentes em espaços confinados, segundo o *U. S. Bureau of Labour Statistics* (BLS), entre 2011 e 2018, mil e trinta trabalhadores morreram em acidentes em espaços confinados nos Estados Unidos. Destes acidentes, cento e vinte e seis foram por inalação de gases nocivos e trinta e nove por falta de oxigênio no ambiente. Na Tabela 2.3 podemos verificar o número de fatalidades em espaços confinados por ano em território norte-americano.

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Acidentes Fatais em Espaços Confinados	120	88	112	116	136	144	166	148

Tabela 2.3 – Acidentes fatais em espaços confinados nos Estados Unidos (U.S. BLS, 2020)

Além dos números acima apresentados, é importante destacar o elevado índice de feridos e mortos em acidentes por asfixia com nitrogênio em espaço confinado. Entre os anos de 1992 e 2002 ocorreram oitenta e cinco acidentes deste tipo nos Estados Unidos. Destes acidentes, 60% ocorreram com pessoas trabalhando em ou próximos a espaços confinados. Os eventos notificados

vitimaram oitenta trabalhadores, constituindo média de quase um morto por acidente, deixando também cinquenta pessoas feridas (U.S. CSB, 2003). Cabe neste ponto fazermos uma comparação frente ao número de acidentes (não restritos a espaços confinados) com óbito notificados no município do Rio de Janeiro apresentados na Tabela 2.1. Enquanto os espaços confinados apresentaram média de quase um morto por acidente, acidentes em geral tiveram média muito inferior, com média inferior a sete mortes para cada mil acidentes.

2.2 Espaços Confinados

Espaço confinado é definido como qualquer ambiente não projetado para permanência contínua de pessoas, tendo limitações de entrada e saída e baixa ou inexistente ventilação, sendo insuficiente para realizar a remoção de contaminantes ou onde possa ter deficiência ou riqueza de oxigênio (MTE, 2006).

Alguns exemplos de espaços confinados são vasos, tanques reatores, silos e passagens subterrâneas de energia, como podemos ver na Figura 2.4 e Figura 2.5.



*Figura 2.4 - Trabalhador entrando em vaso considerado espaço confinado
Reprodução (EQUIPE CONECT, 2017)*



*Figura 2.5 - Passagens subterrâneas consideradas espaços confinados
Reprodução (BORGES, 2017)*

Para a realização de serviços em espaços confinados uma série de equipamentos e instrumentos de segurança são utilizados. Dentre estes equipamentos, os de maior destaque são:

- a. **Detector de gases:** Costumeiramente chamados apenas de multigases, estes sensores informam, em geral, as concentrações de oxigênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, gás sulfídrico e metano (comumente referido como “explosímetro”), sendo importantes para a detecção de uma atmosfera potencialmente perigosa aos trabalhadores. Na Figura 2.6 é apresentado um exemplo deste analisador.



Figura 2.6 - Detector de gases da Honeywell International (HONEYWELL ANALYTICS, 2021)

- b. **Tripé ou monopé:** Estrutura que permite o resgate do trabalhador caso este se acidente dentro de um espaço confinado. Um exemplo de monopé pode ser visto na Figura 2.4 e um de tripé na Figura 2.7.



Figura 2.7 - Tripé para utilização em espaço confinado (BOMBEIROS COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA, 2021)

- c. **Conjunto autônomo de ar (“kit respiratório”):** Equipamento que contempla recipiente de ar comprimido conectado a uma máscara com vedação, permitindo assim a livre respiração de quem o utiliza, conforme exemplo da Figura 2.8.



Figura 2.8 – Conjunto autônomo de ar (BREATHE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA, [s.d.])

d. **Insufladores e exaustores de ar para espaço confinado:** Visa realizar o controle da atmosfera do espaço confinado onde o trabalhador executa sua atividade. Este controle pode ser realizado “soprando” ar com a utilização de insufladores para garantir a renovação do ar no local ou “expulsando” ar que tenha gases tóxicos ou asfixiantes com a utilização de exaustores. Na Figura 2.9 é apresentado um exemplo de insuflador que garante a renovação do ar dentro da galeria subterrânea.



Figura 2.9 – Insuflador renovando o ar de galeria subterrânea (EQUIPE CONECT, 2019)

2.3 Normas Regulamentadoras

No dia 1º de Maio de 1943 foi aprovada por decreto a Consolidação das Leis de Trabalho (CLT), representando a compilação das leis trabalhistas elaboradas após a Revolução de 1930 que pôs fim ao período da República

Velha. Além da compilação destas leis trabalhistas, também foram incluídos novos direitos e regulamentações na CLT (CPDOC, 2020). Este contexto histórico se prova importante ao presente trabalho pois, no ano de 1977, a Lei nº 6.514 estabeleceu as Normas Regulamentadoras via disposições complementares ao Capítulo V: “Da Segurança e da Medicina do Trabalho” do Título II da CLT. As primeiras normas foram formalmente publicadas em junho de 1978, sendo as demais elaboradas ao longo dos anos (SIT, 2019).

As Normas Regulamentadoras são um conjunto de obrigações, direitos e deveres que devem ser cumpridos, tanto por empregados quanto empregador visando garantir a segurança e bem estar dos trabalhadores (ENIT, 2019).

Na Tabela 2.4 são listadas todas as Normas Regulamentadoras elaboradas e previstas na CLT até o presente momento:

NR-1	Disposições Gerais
NR-2	Inspeção Prévia (Revogada)
NR-3	Embargo ou Interdição
NR-4	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do trabalho
NR-5	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
NR-6	Equipamento de Proteção Individual
NR-7	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
NR-8	Edificações
NR-9	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
NR-10	Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
NR-11	Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais
NR-12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
NR-13	Caldeiras
NR-14	Fornos
NR-15	Atividades e Operações Insalubres
NR-16	Atividades e Operações Perigosas
NR-17	Ergonomia

NR-18	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
NR-19	Explosivos
NR-20	Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis
NR-21	Trabalhos a Céu Aberto
NR-22	Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração
NR-23	Proteção Contra Incêndios
NR-24	Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho
NR-25	Resíduos Industriais
NR-26	Sinalização de Segurança
NR-27	Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho (Revogada)
NR-28	Fiscalização e Penalidades
NR-29	Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário
NR-30	Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário
NR-31	Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária Silvicultura, Exploração, Florestal e Aquicultura
NR-32	Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde
NR-33	Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados
NR-34	Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval
NR-35	Trabalho em Altura
NR-36	Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados
NR-37	Segurança e Saúde em Plataformas de Petróleo

Tabela 2.4 – Lista de Normas Regulamentadoras Previstas na CLT (ENIT, 2019)

2.2.1 NR-33 – Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados

A norma regulamentadora nº 33 (MTE, 2006), atualizada em 19 de Outubro de 2020, diz respeito à execução de atividades em espaços confinados e pode ser dividida nas cinco seções listadas e descritas neste item.

- **Objetivo**

Esta regulamentação visa determinar os requisitos técnicos mínimos necessários a identificação de espaços confinados. Além disso, objetiva apontar formas de identificar, analisar, monitorar e controlar os riscos existentes neste tipo de ambiente, garantindo a execução segura de trabalhos.

A norma aponta as responsabilidades do empregador e do empregado, medidas técnicas, administrativas e pessoais que devem ser tomadas visando a prevenção de acidentes, informações sobre a obrigatoriedade e como deve ser realizada a capacitação dos colaboradores que atuarão em espaços confinados e aponta as medidas a serem tomadas em cenários de emergência e salvamento.

- **Responsabilidades do empregador e do trabalhador**

Este tópico apresenta, naturalmente, os deveres de ambas as partes, indicando todas as tarefas que devem ser cumpridas ou condições que devem ser disponibilizadas visando a execução de qualquer trabalho em espaços confinados.

Inicialmente são descritas as responsabilidades do empregador que incluem a indicação do responsável técnico pela atividade, identificação dos espaços confinados no local e dos riscos específicos de cada, a implementação do sistema de gestão de segurança que garanta condições seguras de trabalho, a garantia do treinamento contínuo da força de trabalho voltado especificamente para áreas confinadas, fornecimento para empresas contratadas de informações sobre os riscos nas áreas onde estão previstas suas atividades, a garantia da interrupção do trabalho caso seja identificado qualquer cenário inseguro e garantia que todas as informações fornecidas estejam atualizadas.

As responsabilidades do trabalhador envolvem sua colaboração com a empresa no cumprimento da norma reguladora, a utilização correta dos equipamentos fornecidos pela empresa, o cumprimento dos procedimentos e orientações recebidos nos treinamentos de espaços confinados e a comunicação ao vigia das situações de risco que sejam de seu conhecimento.

- **Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados**

Esta seção é composta por medidas técnicas de prevenção, administrativas, pessoais e treinamento para trabalho em espaços confinados. As medidas técnicas de prevenção apresentam a necessidade da identificação (ver Figura 2.10) e isolamento de espaços confinados, da antecipação e reconhecimento prévio dos riscos de cada área e a implementação de medidas necessárias para o controle dos riscos atmosféricos, bem como a avaliação destas atmosferas antes da entrada de um trabalhador para conferir se é seguro. Além disso, é imprescindível que as condições atmosféricas no espaço confinado sejam mantidas em níveis aceitáveis mediante ventilação, purga ou lavagem. É vedada a ventilação com oxigênio puro e todos os equipamentos utilizados devem ser testados previamente, além de serem intrinsecamente seguros¹.



Figura 2.10 – Placa de advertência para espaços confinados em acordo com a NR-33 (MTE, 2006)

As medidas administrativas se iniciam na manutenção de registro atualizado de todos os espaços confinados. A empresa deve implementar procedimento adequado para trabalho nessas áreas e adaptar o modelo de permissão de entrada e trabalho (PT) aos seus padrões. Em tempo, permissão de trabalho (PT) é um documento que lista todos os potenciais perigos que podem ser encontrados na execução de uma tarefa. Este documento deve conter

¹ Incapazes de emitir energia suficiente para causar a ignição de materiais inflamáveis (ABNT; IEC, 2020)

orientações para lidar com essas condições e deve ser assinado por todos os envolvidos na atividade. No caso de novas atividades surgirem ou as condições serem alteradas, a PT inicial deve ser fechada e uma nova aberta. Os requisitos para elaboração, abertura, guarda, fechamento e arquivamento de PT são apresentados na norma. É previsto o estabelecimento de procedimentos de supervisão dos trabalhos, definida a regra de acesso ao espaço confinado onde a entrada somente pode ser realizada mediante acompanhamento e autorização dos responsáveis técnicos. Por fim, todos os trabalhadores devem ser informados dos riscos e medidas de controle existentes no local de trabalho.

Ao analisarmos as medidas pessoais previstas, primeiramente é destacado que todos os trabalhadores precisam passar por avaliação médica funcional específica para a função que irão desempenhar. Todos estes empregados devem, então, ser capacitados sobre seus direitos, deveres, riscos e medidas de controle existentes. É proibida a realização de trabalhos de forma individual, sendo o número de trabalhadores envolvidos com a atividades determinados pela análise de risco. São apresentadas as funções obrigatórias de supervisor de entrada e de vigia. O supervisor de entrada é responsável pela abertura da PT, pelos testes de todos os equipamentos e verificação de procedimentos a serem realizados, por assegurar que os serviços de emergência estejam disponíveis, pelo cancelamento das atividades quando necessário e pelo fechamento da PT ao término dos trabalhos. Enquanto isso o vigia, tarefa que pode ser desempenhada pelo próprio supervisor de entrada, deve permanecer do lado de fora da área confinada e é responsável pelo monitoramento do número de trabalhadores dentro do espaço confinado, permanecendo em contato constante com todos, por operar o monopé ou tripé e por ordenar a saída do espaço caso detecte qualquer condição insegura.

Por fim, quanto à capacitação da força de trabalho para execução de tarefas em espaços confinados, a NR-33 estabelece a obrigatoriedade do treinamento para quaisquer executores de atividades nesse tipo de área. Os requisitos destes treinamentos como tempo de duração, qualificação de instrutores e periodicidade são informados na norma.

- **Emergência e salvamento**

É função do empregador a elaboração e implementação de procedimentos de emergência e resgate voltados para os espaços confinados de sua responsabilidade. Nestes procedimentos devem estar descritos, minimamente, os possíveis cenários de acidentes identificados na análise de risco e as medidas de salvamento e primeiros socorros que devem ser executadas caso ocorra um acidente. A isso se acrescentam a seleção dos meios de comunicação, técnicas de transporte de acidentados, acionamento de equipe responsável pelo atendimento ao cenário de emergência e a realização de simulado anual de salvamento.

- **Disposições gerais**

Para finalizar, o tópico de disposições gerais dá destaque a três pontos. O primeiro deles é a garantia por parte do empregador de que os trabalhadores possuem autonomia para interromper suas atividades caso identifiquem quaisquer riscos a sua saúde ou a de terceiros. O segundo destaca que tanto contratantes quanto contratados são responsáveis pelo cumprimento desta NR. Por fim é destacada a proibição da entrada e realização de trabalhos em espaços confinados sem a emissão de PT.

2.4 Espaço Confinado

2.5 Acidentes por Asfixia em Espaços Confinados

A asfixia em espaços confinados pode ocorrer por diferentes motivos. Espaços confinados têm dificuldade na circulação e, conseqüente, da renovação do ar no ambiente, sendo altamente improvável a manutenção de níveis de oxigênio adequados a respiração humana ou a dispersão de componentes potencialmente tóxicos. Cenários de asfixia podem ocorrer, por exemplo, quando o espaço confinado (como um reator ou tubulações de grandes diâmetros) é inertizado com nitrogênio para evitar corrosão ou ataque a catalisadores pelo oxigênio presente no ar ambiente. Ao trazer os níveis de oxigênio para valores baixíssimos, a permanência humana sem equipamentos respiratórios se torna insustentável. Nessa situação, caso seja realizado um procedimento de entrada em espaço confinado sem os devidos cuidados de avaliação de atmosfera e

utilização de equipamentos respiratórios adequados, um acidente grave por asfixia pode ocorrer.

Podemos observar na Tabela 2.5 as manifestações clínicas e consequências da permanência humana em atmosferas deficientes em oxigênio.

Concentração de O₂ no ar	Tempo de exposição	Manifestações clínicas e consequências
20,9%	Constante	Permanência saudável
19,5%	Constante	Concentração mínima adequada a permanência humana no ambiente
15 – 19,5%	24 horas	Redução do ritmo de trabalho
12 – 15%	3 a 5 minutos	Fadiga elevada ao praticar atividades físicas, taquicardia e prejuízo a capacidade de raciocínio
10 – 12%	1 a 3 minutos	Aumento da frequência cardiorrespiratória, tontura e cianose dos lábios (lábios ficam roxos)
8 – 10 %	1 minuto	Náusea, vômito, câibras e perda da consciência
4 – 6%	Até 1 minuto	Coma em 40 segundos, convulsões e morte

Tabela 2.5 – Manifestações clínicas e consequências da permanência humana em atmosferas deficientes em oxigênio - (YEKHALOV; KHOBOTOVA, 2020)

Apesar de não ser listado como um potencial asfixiante simples na Norma Regulamentadora Nº 15 “Atividades e Operações Insalubres”, o nitrogênio tem potencial asfixiante “indireto” a partir do momento em que seu enriquecimento no ambiente leva a uma queda na concentração de oxigênio, podendo trazê-la a níveis que não permitem a permanência humana no local (conforme Tabela 2.5).

Trazendo a deficiência de oxigênio para cenários onde ocorre a asfixia em ambientes ricos em nitrogênio, se torna pertinente a apresentação de algumas informações a respeito do gás inerte. Para esse tipo de informação é vantajoso que se consulte a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ). Empresa conhecida do setor de gases do ar, a White Martins Gases Industriais (WM) disponibiliza uma FISPQ para nitrogênio comprimido em seu

sítio eletrônico. Ao analisar a FISPQ de livre consulta da WM, percebe-se que o nitrogênio não é apresentado como um asfixiante, em acordo com a NR-15. Apesar disso, nas medidas de primeiros socorros é apresentado como plano de ação a necessidade de, quando ocorrer exposição ao gás, os envolvidos sejam levados a local ventilado, sendo mantidos em uma posição adequada a boa manutenção da respiração. Em cenários extremos onde o acidentado não esteja respirando, é instruída a aplicação de respiração artificial. Por sua vez, cenários de vazamento devem ser solucionados com o afastamento da área e medidas que garantam a ventilação do ar e consequente dispersão do nitrogênio. Para atendimento a emergências em locais com vazamentos de nitrogênio deve ser utilizado equipamento de respiração com pressão positiva (WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS, 2018).

Uma informação importante a respeito do nitrogênio é a sua ausência de odor. Esta ausência de odor torna impossível que o gás no ambiente seja detectado pelos sentidos humanos, não sendo possível acusar firmemente como erro humano a permanência em local com atmosfera potencialmente asfixiante. Na prática, o acidentado sufoca lentamente sem perceber. Este fenômeno pode ser comparado, por exemplo, à desorientação espacial que ocorre com pilotos de avião. A desorientação espacial ocorre quando os sentidos e cérebro humanos são “enganados” devido ao efeitos dos voos, prejudicando, por exemplo, noções de equilíbrio e referenciais de velocidade, o que pode levar a acidentes catastróficos (GIBB; ERCOLINE; SCHARFF, 2011). Tira-se destes conceitos e avaliações a conclusão que os sentidos humanos não são plenamente confiáveis, sendo necessária à garantia da segurança pessoal e operacional a utilização de sistemas auxiliares, sejam procedimentos, sistemas eletrônicos ou quaisquer outras ferramentas de mitigação de riscos e verificação de cenários.

2.6 Segurança de Processo

De maneira semelhante a SST, é importante que iniciemos este tópico com uma definição para Segurança de Processo para clareza, fazendo um comparativo direto com a segurança pessoal, remetendo à SST. Para início de análise, podemos separar riscos de segurança de processo e riscos à segurança

pessoal, sendo o primeiro decorrente das atividades de processamento da planta (como vazamentos de substâncias perigosas), tendo capacidade para danos a planta com potencial para ocasionarem múltiplas fatalidades. Enquanto isso, a segurança pessoal pouco se relaciona com as atividades de processo da planta, impactando apenas indivíduos em acidentes como quedas, esmagamentos ou choques elétricos (HOPKINS, 2007).

Visando a redução do número e da gravidade de acidentes de processo, o *Chemical Center for Process Studies* (CCPS) elaborou o princípio de avaliação *Risk Based Process Safety* (RBPS). Este sistema é descrito no livro *Guidelines for Risk Based Process Safety* (CCPS, 2007), estando disponível também em português “Diretrizes para Segurança de Processo Baseada em Risco”.

A metodologia RBPS possui vinte elementos divididos em quatro pilares principais da segurança de processo. Para maior clareza e, ao mesmo tempo, evitar possíveis ambiguidades decorrentes da tradução, na Tabela 2.6 são apresentados todos os pilares em inglês e suas respectivas traduções.

#	Pilar	Tradução
1	Commit to process safety	Comprometimento com a segurança de processo
2	Understand hazard and risk	Compreensão do perigo e do risco
3	Manage risk	Gerenciamento de risco
4	Learn from experience	Aprendizado a partir de experiências

Tabela 2.6 – Os pilares do *Risk Based Process Safety* (CCPS, 2007)

A metodologia RBPS desenvolvida pelo CCPS enxerga distinção entre os potenciais cenários acidentais identificados no processo. Desta forma, foca em implementar recursos, sejam financeiros ou humanos, da maneira mais eficiente possível, fazendo maiores investimentos nos pontos de maior criticidade identificada. Apresentados os quatro pilares do método, dividem-se os elementos de segurança de processo dentre estas bases conforme Tabela 2.7, Tabela 2.8, Tabela 2.9 e Tabela 2.10.

#	Elemento	Tradução
1	<i>Process safety culture</i>	Cultura de segurança de processo
2	<i>Compliance with standards</i>	Observância aos padrões
3	<i>Process safety competence</i>	Competência em segurança do processo
4	<i>Workforce involvement</i>	Envolvimento da força de trabalho
5	<i>Stakeholder outreach</i>	Divulgação às partes interessadas

Tabela 2.7 – Elementos do pilar “Comprometimento com a segurança de processo” - (CCPS, 2007)

#	Elemento	Tradução
1	<i>Process knowledge management</i>	Gestão de conhecimento do processo
2	<i>Hazard identification and risk analysis (HIRA)</i>	Identificação de Perigos e Análise de Risco

Tabela 2.8 – Elementos do pilar “Compreensão do perigo e do risco” - (CCPS, 2007)

#	Elemento	Tradução
1	<i>Operating procedures</i>	Procedimentos operacionais
2	<i>Safe work practices</i>	Práticas de trabalho seguras
3	<i>Asset integrity and reliability</i>	Integridade e confiabilidade de ativos
4	<i>Contractor management</i>	Gestão de contratados
5	<i>Training and performance assurance</i>	Treinamento e garantia de performance
6	<i>Management of change</i>	Gestão de mudanças
7	<i>Operational readiness</i>	Prontidão operacional
8	<i>Conduct of operations</i>	Condução das operações
9	<i>Emergency management</i>	Gestão de emergências

Tabela 2.9 – Elementos do pilar “Gerenciamento de risco” - (CCPS, 2007)

#	Elemento	Tradução
1	<i>Incident investigation</i>	Investigação de acidentes e incidentes
2	<i>Measurement and metrics</i>	Métricas e Indicadores
3	<i>Auditing</i>	Auditoria
4	<i>Management review and continuous improvement</i>	Gestão de revisões e melhoria contínua

Tabela 2.10 – Elementos do pilar “Aprendizado a partir de experiências” - (CCPS, 2007)

Nos itens 2.4.1 a 2.4.20 são descritos sucintamente todos os 20 elementos do RBPS.

2.4.1 Cultura de Segurança de Processo

O termo “cultura de segurança” foi observado pela primeira vez no relatório do acidente nuclear de Chernobyl, em 1986, onde o conjunto de erros e violações aos procedimentos operacionais contribuíram para a ocorrência do acidente, sendo vistos como evidências de baixa segurança (PATANKAR; SABIN, 2010).

No livro “*Human Factors in Aviation*” (SALAS; DAN, 2010), é abordada a existência de dois aspectos fundamentais da cultura de segurança:

“Componentes” e “Dinâmica”. Os “Componentes” seriam quatro itens que descrevem a segurança de processo:

- Performance de Segurança – O resultado obtido a partir do comportamento de segurança, desde que observável.
- Clima de segurança – O comportamento seguro de funcionários normalmente é reflexo de suas opiniões acerca das práticas de segurança e percepções das lideranças.
- Valores de segurança – É fundamental que, em indústrias de alto risco, os valores de segurança sejam bem estabelecidos entre empregados e prioridade para a companhia.
- Estratégias de liderança de segurança – Se referem a políticas da companhia, como métodos de avaliação, recompensa e punição de funcionários.

Enquanto isso, “Dinâmica” se refere as interações entre indivíduos, grupos e a organização que, de acordo com seus comportamentos e atuações, produzem um estado cultural dominante. Se as ações produzirem efeitos benéficos a segurança, o estado cultural pode ser considerado favorável. Caso contrário, é necessário realizar um trabalho de adequação de cultura de todas as partes envolvidas.

2.4.2 Observância aos padrões

A segurança de processo pode ser “guiada” por padrões e procedimentos. Estes padrões são elaborados por organismos nacionais (como Órgãos Governamentais e a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT) e internacionais (como o *American Petroleum Institute – API*, *International Organization for Standardization – ISO* e a *American Society for Testing and Materials – ASTM International*) em conformidade com os requisitos de segurança dos respectivos equipamentos e serviços aplicáveis ao processo de interesse. Este elemento engloba tanto normas voluntárias quanto normas obrigatórias, bem como os padrões internos da empresa. Podemos citar como exemplos a CLT, as Normas Regulamentadoras, Normas Brasileiras (NBR), Padrões API, ISO e ASTM. Além da correta aplicação das normas e procedimentos de referência, é fundamental a implementação de análises de

perigo e risco complementares, aumentando ainda mais os níveis de segurança já fornecidos pelo atendimento as normas.

2.4.3 Competência em segurança do processo

Este elemento pode ser descrito por três ações principais:

- Aptidões que a companhia e seus colaboradores devem possuir para gerenciar cenários de perigo;
- Verificação e comprovação de que os colaboradores possuem essas habilidades;
- Utilização destas informações para planejamento de sucessões, garantindo que o conhecimento seja passado adiante.

É fundamental que todos os colaboradores envolvidos no processo sejam capazes de compreender seu funcionamento, sabendo quando (ou se) devem atuar, como o fazer e quais as consequências de suas interferências no processo. Este item se relaciona fortemente com o elemento de Treinamento e Garantia de Performance uma vez que apenas através da eficaz capacitação da força de trabalho é possível atingir níveis de excelência operacional.

2.4.4 Envolvimento da força de trabalho

Como o próprio nome deixa claro, este elemento demanda envolvimento das equipes de engenharia de projeto, comissionamento, operações e manutenção nas atividades de segurança visando garantir o atendimento dos padrões de segurança e que todas as lições aprendidas pelos envolvidos com o processo sejam discutidas. Este item está intimamente ligado também com a cultura de segurança de processo, sendo um elemento importante para o bom funcionamento do outro.

2.4.5 Divulgação às partes interessadas

É importante fazer uma análise das partes externas envolvidas (contratadas, comunidade local, órgãos governamentais, fornecedores...) e estabelecer contato claro com estas partes fornecendo informações de

segurança do processo, seus potenciais impactos e planos de atendimento a emergências.

2.4.6 Gestão de conhecimento do processo

Todo o conhecimento necessário à boa operação (incluindo execução de serviços de manutenção e boas práticas de segurança) de uma planta industrial deve ser documentado e gerenciado. Deve-se garantir que toda a documentação esteja de acordo com os padrões desejáveis e permaneça sempre atualizada.

2.4.7 Identificação de perigos e análise de risco

Ponto de identificação dos possíveis cenários de acidente inerentes ao processo ou existentes na planta industrial, listando suas possíveis consequências. De acordo com a gravidade dos cenários identificados, é possível fazer análises qualitativas como o Estudo de Perigos e Operabilidade (HazOp), análises semiquantitativas como a Análise de Camadas de Proteção (LOPA) ou Análises Quantitativas de Risco (AQR).

2.4.8 Procedimentos operacionais

Elemento que tem como objetivo o desenvolvimento e uso correto de procedimentos operacionais, devendo estes estarem em constante verificação pelas equipes técnicas responsáveis. Procedimentos operacionais normalmente possuem relação com a análise de risco. Na execução do plano de ação para “ataque” aos cenários inseguros identificados nestes estudos, é comum que, dentre alterações físicas (ex.: instalação de válvula de alívio de segurança para proteção contra sobrepressão), estejam elaborações procedimentais (ex: elaboração de procedimento de inertização segura de um equipamento). Estes padrões elaborados atuam como minimizadores de risco uma vez que são desenvolvidos buscando as melhores condições de performance e segurança do processo. Ao seguir as determinações dos procedimentos da companhia, o trabalhador demonstra estar adaptado a cultura de observância aos padrões e segurança da empresa.

A padronização destes procedimentos, por sua vez, permite que os operadores sejam capacitados em suas práticas, nos levando ao elemento de “Treinamento e Garantia de Performance”.

2.4.9 Práticas de trabalho seguras

Aplicável a atividades não rotineiras, visa reduzir o perigo destas tarefas costumeiramente ligadas a manutenção dos componentes da planta. É um elemento cuja interação com a “Observância aos Padrões” é fundamental para seu pleno atendimento. A aplicação de normas e padrões internacionalmente reconhecidos permite a redução dos riscos envolvidos, elevando os níveis de segurança pessoal e de processo.

2.4.10 Integridade e confiabilidade de ativos

É fundamental que os equipamentos envolvidos no processo sejam adequadamente especificados, testados e mantidos, garantindo que permaneçam em boas condições para realização de suas atividades fim ao longo de sua vida útil.

2.4.11 Gestão de contratados

Ponto de atenção que visa garantir que empresas contratadas para realização de quaisquer serviços que se relacionam com o processo mantenham também boas práticas de segurança, sem que se criem novos perigos que possam afligir a operação.

2.4.12 Treinamento e garantia de performance

A capacitação de todo o corpo de colaboradores é fundamental para um bom e seguro funcionamento do processo. Igualmente fundamental é a verificação de que os conhecimentos passados nos treinamentos estão sendo adequadamente aplicados nas atividades da planta.

O elemento de treinamento e garantia de performance possui relação íntima com dois outros elementos: “Procedimentos Operacionais” e “Métricas e Indicadores”. Estes procedimentos e indicadores são elaborados e definidos, principalmente, a partir da análise de riscos realizada em cima do processo de produção da planta de referência. A capacitação do corpo de trabalho é guiada, principalmente, por estes itens. Um operador precisa ser capaz de executar todos os procedimentos operacionais integralmente sem falhas ou “gatilhos” pois

estes são elaborados tendo em mente as mais seguras e eficientes ações a serem tomadas na operação e manutenção da planta.

2.4.13 Gestão de mudanças

Todas e quaisquer alterações que se desejar realizar em uma planta devem primeiramente passar por um processo de revisão antes de sua implantação de forma a garantir que todos os cenários sejam verificados e que essas mudanças não criem novos cenários de perigo ao processo.

2.4.14 Prontidão operacional

Aplicável para cenários de partida (ou repartida) de planta. Este elemento visa garantir que as partidas e repartidas sejam realizadas de maneira segura através de avaliações do processo prévias ao procedimento de partida. A elaboração de procedimentos de partida e repartida também contribui para o bom funcionamento deste elemento.

2.4.15 Condução das operações

Prevê a realização das atividades de operação e manutenção de maneira estruturada. Pode ser chamada por uma expressão conhecida do meio industrial, a “disciplina operacional” e passa também pela cultura de segurança e observância aos padrões.

2.4.16 Gestão de emergências

As análises de perigo e risco, fundamentais ao bom funcionamento de qualquer processo industrial, podem ser consideradas “tutoras” deste item, sendo as responsáveis por identificar cenários críticos, trabalhar em maneiras de minimizar esses eventos e trazer soluções para o caso de o evento de emergência ocorrer mesmo após todas as precauções propostas na análise de risco terem sido tomadas.

De maneira semelhante ao elemento de “Competência em segurança de processo”, este elemento pode ser dividido em tópicos principais:

- Planejamento para potenciais emergências;
- Garantia de condições para a execução do plano de atendimento a emergências;

- Treinamentos constantes e melhoria contínua do plano (liga-se ao item de treinamento e garantia de performance);
- Treinamento das partes externas envolvidas (liga-se ao item de divulgação às partes interessadas);
- Comunicação eficiente quando do evento de emergência.

2.4.17 Investigação de acidentes e incidentes

Corresponde a todas as etapas desde o registro do acidente, passando por sua investigação visando identificação das causas, o plano de ações corretivas e sua execução e o registro de lições aprendidas para posteridade.

Na ocasião de um evento de segurança, uma das primeiras providências tomadas é a realização de uma análise deste. Nessa avaliação é abordado todo o cenário que culminou no acidente, desde os primeiros e mais simples equívocos até ocorrência da falha que se torna o gatilho do acidente. É fácil de visualizar, como um exemplo, um cenário de queda em trabalho em altura onde os equipamentos de segurança não foram conferidos (equívoco inicial) e o cinto de segurança não verificado rompe, levando a queda do trabalhador. Entre essas falhas inicial e final, são identificados outros erros e infortúnios (humanos ou tecnológicos / mecânicos) que contribuíram para a ocorrência do acidente como, por exemplo, uma falsa sensação de segurança. Isto pode ocorrer, por exemplo, quando um trabalhador deixa de conferir seu equipamento de proteção para “ganhar tempo” pois sempre fez a conferência e nunca encontrou qualquer problema. Empresas cuja cultura de segurança não seja bem difundida, onde ocorre o estímulo por realização de “mais” tarefas e não por tarefas com maior qualidade, também podem, com estas atitudes, aumentar riscos de ocorrência de acidentes.

2.4.18 Métricas e Indicadores

O monitoramento de eficácia da metodologia RBPS passa pelo estabelecimento de indicadores de desempenho que devem ser acompanhados e analisados. Conforme mencionado no elemento de investigação de acidentes, este item é responsável direto pelo monitoramento de segurança. A definição eficiente de indicadores permite que sejam antevistos potenciais cenários de insegurança operacional. Estes indicadores devem ser confiáveis, com bom

índice de repetibilidade, consistentes, independentes de influências externas, relevantes e comparáveis com outros indicadores semelhantes (CCPS, 2011).

É importante que sejam esclarecidos três conceitos: *lagging*, *near miss* e *leading indicators*, em português, indicadores reativos, de incidentes e proativos. Estes conceitos são abordados no livro *Process Safety Leading and Lagging Metrics* (CCPS, 2011) e são brevemente apresentados abaixo.

- **Lagging indicators:** Correspondem a um grupo de indicadores definidos baseados em acidentes passados (mais uma vez estabelecendo ligação com o item de identificação de perigos e análise de risco).
- **Near Miss indicators:** São indicadores estabelecidos tendo em mente eventos de baixa relevância, também sendo em parte do tipo *lagging* ou a partir de análises prévias, tendo ligação com indicadores do tipo *leading*.
- **Leading indicators:** São aqueles que buscam prever acidentes futuros através do monitoramento do desempenho do processo e da disciplina operacional.

A partir da definição destes indicadores, é possível melhorar o monitoramento de processo, permitindo a análise de causa raiz de alguns acidentes, principalmente via *lagging indicators*, bem como sua prevenção via *leading indicators*. Estes indicadores são fundamentais também para o elemento de treinamento, conforme já comentado.

2.4.19 Auditoria

Análise crítica do processo, colaboradores e práticas de segurança realizada com o objetivo de reduzir o risco, identificando e corrigindo deficiências de projeto, bem como falhas na implementação do sistema de gestão de segurança. A realização de uma auditoria visa, portanto, verificar se o sistema de gestão de segurança está funcionando como devido, atuando como um complemento a elementos como a gestão de revisões e melhoria contínua e métricas e indicadores.

2.4.20 Gestão de revisões e melhoria contínua

Consiste do hábito da realização de avaliações do bom funcionamento do sistema de gestão de segurança. A manutenção de um sistema de revisão periódico é importante para manter as avaliações do sistema de gestão mesmo em períodos entre auditorias. A gestão de revisões e melhoria contínua requer um cronograma de avaliações e os indicadores adequados para uma boa verificação do funcionamento do sistema de gestão de segurança. Este elemento é de suma importância por identificar pequenas lacunas de segurança antes que estas possam ocasionar um acidente.

3 Metodologia RBPS e seus paralelos com a NR-33

A comparação entre um sistema de gestão de segurança de processo e uma norma regulamentadora apresenta determinado grau de complexidade pela maneira distinta com que ambas abordam os requisitos de segurança.

A NR-33, conforme apresentado no item 2.2.1 pode ser dividida em cinco grandes tópicos:

- a. Objetivo e definição
- b. Responsabilidades do empregador e do trabalhador
- c. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
- d. Emergência e salvamento
- e. Disposições gerais

Observando os tópicos, automaticamente chama a atenção a letra “c”, Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados. É natural de se imaginar a realização de uma comparação direta do RBPS com este tópico, entretanto, uma análise ao redor apenas dele seria um erro. A exclusão dos itens “b”, “d”, “e” eliminaria itens importantes a segurança e também são englobados pelo sistema de gestão de segurança do CCPS. São analisados, então, todos os quatro itens.

Observando as seções da NR-33 apresentadas no item 2.2.1 e tendo em mente os conceitos de cada um dos vinte elementos do RBPS, é possível chegar a uma correlação dos elementos indiretamente abordados pela norma. É importante destacar que, apesar da correlação natural entre atividades descritas pela NR-33 a algum dos elementos do RBPS, todos os elementos do sistema de gestão possuem sinergia entre si, sendo improvável a limitação de uma atividade a um só elemento. A comparação com os pilares, em alguns casos, se torna mais produtiva.

3.2.1 Responsabilidades do empregador e do trabalhador

Na Tabela 3.1, é apresentada uma correlação entre as atividades propostas pela NR-33 na seção de “Responsabilidades” e os elementos do RBPS.

Atividade indicada pela NR-33 na seção de “Responsabilidades”	Principal elemento do RBPS onde se encaixa
Indicação do responsável pela atividade	Condução das operações (3º Pilar)
Identificação dos espaços confinados e seus respectivos riscos	Identificação de perigos e análise de risco (2º Pilar)
Implementação do sistema de gestão de segurança	Todos
Garantia do treinamento contínuo com foco em atividades realizadas em espaços confinados	Treinamento e garantia de performance (3º Pilar)
Fornecimento de informações sobre os riscos envolvidos na realização de tarefas nos espaços confinados para empresas terceirizadas	Gestão de contratados (3º Pilar)
Garantia de interrupção dos trabalhos caso algum cenário inseguro seja identificado	Cultura de Segurança de Processo (1º Pilar)
Colaboração do trabalhador com a empresa no cumprimento da NR	Envolvimento da força de trabalho (1º Pilar)
Cumprimento dos procedimentos e orientações recebidas nos treinamentos	Observância aos padrões (1º Pilar)
Cumprimento das orientações recebidas nos treinamentos	Treinamento e garantia de performance (3º Pilar)
Comunicação ao vigia sobre os riscos conhecidos e identificados	Práticas de trabalho seguras (3º Pilar)

Tabela 3.1 - Responsabilidades do empregador e do trabalhador e suas correlações com os elementos do RBPS (Elaboração própria)

Observando os elementos do RBPS, percebemos uma predominância de elementos dos pilares 1 e 3, respectivamente, o Comprometimento com a segurança de processo e o Gerenciamento de risco. Estes pilares possuem destaque considerável uma vez que as “Responsabilidades” possuem relação direta com os cuidados que empregadores e empregados devem ter na realização de suas atividades, remetendo aos referidos pilares. Vale mencionar que, fora destes pilares, apenas duas ações foram apresentadas. A primeira delas, a identificação dos espaços confinados e seus riscos, é facilmente encaixada no elemento “Identificação de perigos e análise de risco”. Fora isso,

merece destaque a “Implementação do sistema de gestão de segurança” que, visando o melhor cenário de segurança possível, deve englobar todos os elementos do RBPS podendo inclusive extrapolá-los.

3.2.2 Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados

Esta seção da NR-33 é dividida em medidas técnicas de prevenção, administrativas, pessoais e treinamento para trabalho em espaços confinados. As atividades previstas nessas medidas são listadas na Tabela 3.2 e comparadas com os respectivos elementos do RBPS com os quais melhor se identificam.

Atividade indicada pela NR-33 na seção de “Gestão de segurança e saúde”	Elementos do RBPS que o subgrupo abrange
Necessidade da identificação, isolamento e identificação de espaços confinados	Identificação de perigos e análise de risco (2º Pilar)
Antecipação e reconhecimento prévio dos riscos de cada espaço confinado	Identificação de perigos e análise de risco (2º Pilar)
Avaliação da atmosfera antes da entrada de um trabalhador no ambiente confinado	Práticas de trabalho seguras (3º Pilar)
Manutenção de registro atualizado de todos os espaços confinados	Gestão de conhecimento do processo (2º Pilar)
Implementação de procedimento adequado para trabalho em espaços confinados	Procedimentos operacionais (3º Pilar)
Estabelecimento de procedimentos de supervisão dos trabalhos	Procedimentos operacionais (3º Pilar)
Apresentação de riscos e medidas de controle existentes no local de trabalho para todos os empregados	Treinamento e garantia de performance (3º Pilar)
Obrigações dos trabalhadores de passarem por avaliação médica funcional específica para a função a ser desempenhada	Competência em segurança do processo (1º Pilar)

Capacitação dos empregados sobre seus direitos, deveres, riscos e medidas de controle existentes	Treinamento e garantia de performance (3º Pilar)
Proibição de trabalhos individualmente, devendo o número de trabalhadores ser definido por análise de risco	Práticas de trabalho seguras (3º Pilar)
Obrigatoriedade do treinamento para quaisquer executores de atividades em espaços confinados	Treinamento e garantia de performance (3º Pilar)

Tabela 3.2 – Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados e suas correlações com os elementos do RBPS (Elaboração própria)

Analisando os pilares de maior destaque, percebemos agora uma predominância do 3º pilar “Gerenciamento de risco” dentre as atividades apresentadas. Merece atenção também o 2º pilar de “Compreensão do perigo e do risco”. Dentre as atividades mais complexas de serem classificadas, podemos destacar a manutenção de registro atualizado dos espaços confinados que foi associada ao elemento de “Gestão de conhecimento do processo”. A atividade foi classificada desta maneira devido à necessidade de se garantir a atualização constante das documentações referentes ao local de trabalho destacada no elemento citado. Outra atividade de difícil classificação, a avaliação médica obrigatória para trabalhadores que realizem atividades em espaços confinados, foi associada ao elemento de “Competência em segurança de processo” pois, além de compreenderem os riscos envolvidos, os funcionários precisam estar em plenas condições físicas para conseguirem gerenciar cenários de perigo.

3.2.3 Emergência e salvamento

A presente seção da NR-33 aborda de maneira direta a forma como cenários de emergência devem ser atacados, bem como a forma como a preparação para seu atendimento precisa ser realizada. Sendo assim, o elemento de Gestão de emergências, abordado no pilar de Gerenciamento de risco é, obviamente, o foco desta seção. Além disso, cabe mencionar uma grande importância à elaboração de procedimentos de atendimento às emergências em acordo com os cenários de risco identificados. Isto nos permite visualizar uma sinergia também com os elementos de Identificação de perigos e

análise de risco e de Procedimentos operacionais. Mais uma vez, itens dos pilares 2 e 3, de Compreensão do perigo e risco e de Gerenciamento de risco.

3.2.4 Disposições gerais

A seção final dá destaque a três pontos já mencionados na norma regulamentadora. O primeiro destes pontos, a garantia por parte do empregador de que os trabalhadores podem interromper uma atividade em caso de detecção de um cenário inseguro, possui extrema sinergia com o pilar de Comprometimento com a segurança de processo. Este item engloba, principalmente, os elementos de Cultura de segurança de processo (por parte da empresa e dos trabalhadores), Competência em segurança de processo (por parte dos trabalhadores no momento da execução da tarefa) e o envolvimento da força de trabalho.

O segundo dos pontos, a responsabilidade de cumprimento da NR-33 por parte de contratantes e contratados, possui relação direta com a Gestão de contratados e a Observância aos padrões.

Por fim, o terceiro ponto proíbe a entrada e a realização de trabalhos em espaços confinados sem a emissão de permissão de trabalho. Esta é facilmente ligada ao elemento de Condução das operações, do terceiro pilar, uma vez que faz parte da “Disciplina operacional” a abertura, atualização e fechamento de PT nos cenários previstos em norma.

Como visto, apesar da menção a atividades que se ligam ao pilar de Gerenciamento de risco, o grande destaque desta seção é o pilar de Comprometimento com a segurança de processo.

3.2.5 Conclusões das comparações realizadas

A comparação de um sistema de gestão de segurança de processo e uma norma regulamentadora, o RBPS e a NR-33, demonstra que a NR apenas lista exemplos de ações que podem ser facilmente englobadas nos elementos do RBPS, uma vez que o sistema de gestão de segurança de processo é, naturalmente, mais abrangente.

Vale ser destacado também o que não pode ser comparado. Percebe-se uma aparente ausência do pilar 4, de Aprendizado a partir de experiências, nos itens previstos em norma. Este fato pode ser explicado pela finalidade da NR

que é a de promover a execução de trabalhos em espaços confinados de maneira segura. A norma não tem por objetivo direto guiar quem a consulta através de formas de analisar cenários passados, se tratando apenas de um conjunto de determinações que devem ser cumpridas para a garantia da segurança dos trabalhadores envolvidos nas atividades de risco.

A partir destas análises é possível chegar ao entendimento de que a NR-33 é aplicável para situações mais específicas e o RBPS como referências de segurança de processo mais gerais. Desta forma, compreende-se o caráter complementar entre ambos os documentos, onde ambos podem e devem ser utilizados em conjunto de maneira a proporcionar cenários de maior segurança possíveis.

4 Descrição dos Acidentes

Este capítulo tem como objetivo introduzir os acidentes selecionados para o estudo: Acidente da Valero (U.S. CSB, 2006a) e Acidente da Union Carbide (U.S. CSB, 1999). São fornecidas informações básicas sobre as empresas, localização das plantas e toda a dinâmica do acidente. As informações sobre a dinâmica de ambos os acidentes são advindas de um órgão independente responsável pela investigação de acidentes na indústria química, o CSB.

4.1 Acidente da Valero

4.1.1 Informações Gerais

O acidente ocorreu na refinaria de petróleo da Cidade de Delaware, em Delaware, Estados Unidos, no dia cinco de novembro de 2005, durante um período de revitalização programada da planta. Neste acidente, dois empregados da empresa terceirizada Matrix Service Industrial Contractors Inc. morreram após sofrerem uma asfixia provocada por atmosfera confinada rica em nitrogênio, devido a sua purga constante, durante procedimento de remontagem de um segmento de tubulação (ver Figura 4.1 e Figura 4.2).

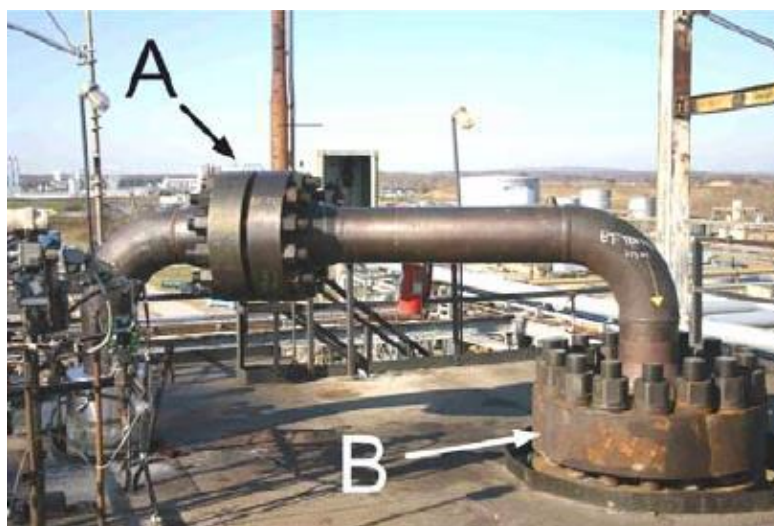


Figura 4.1 – Trecho de tubulação de 12", com flanges de 12" (A) e 24" (B), objeto da remontagem Reprodução (U.S. CSB, 2006a)

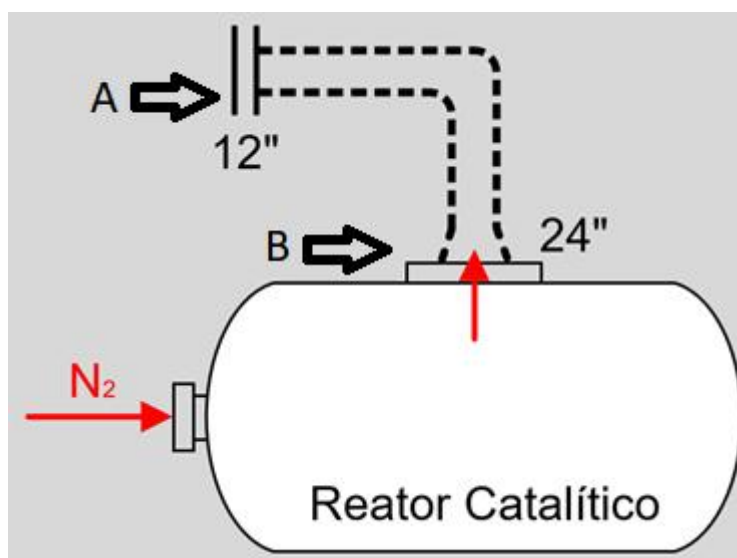


Figura 4.2 – Desenho esquemático do reator e do local de descarga do nitrogênio (Elaboração própria)

A remoção do trecho de tubulação, representado pela linha pontilhada na Figura 4.2, expôs a abertura do reator catalítico (ponto B), fazendo com que a purga de nitrogênio, antes contida nas tubulações, fosse enviada para o ambiente.

A purga constante de nitrogênio era necessária pois o tubo se ligava diretamente a um reator de hidrocrackeamento², sendo necessário evitar o contato do catalisador recém introduzido com o oxigênio presente no ambiente, processo conhecido na indústria como inertização. Este catalisador recém introduzido havia sido carregado dois dias antes do acidente e os trabalhadores responsáveis (da Catalyst Handling Services Corporation) isolaram o flange de abertura com fita de isolamento vermelha, pedaços de plástico e uma cobertura de madeira para evitar a queda de detritos dentro do reator, além de colocar uma placa indicando perigo por espaço confinado como o exemplo da Figura 2.10.

Apesar dos mantenedores responsáveis pelo serviço serem funcionários da Matrix, especialista em manutenção em refinarias, a planta era de propriedade da Valero Energy Corporation com quem tinha um contrato de manutenção (firmado pela dona anterior da refinaria, a Premcor Refining Group Inc). Na época do acidente, a Valero era a maior empresa de refino da América do Norte.

² Quebra de frações pesadas do petróleo com a presença de hidrogênio pressurizado e catalisadores

A dinâmica entre as empresas na parada programada era simples. A Valero era a responsável pelo controle e parada da planta, remoção de agentes químicos dos equipamentos e todo o gerenciamento de desmobilização e posterior remobilização dos equipamentos. Seus funcionários preparavam e aprovavam todas as permissões de trabalho emitidas ao longo do expediente.

Da parte da Matrix, seu escopo de serviços incluía o fornecimento de mão de obra qualificada, com treinamento de segurança específico para atuação em refinarias. Era obrigação da contratada atender todos os padrões de segurança da Valero em suas atividades. Os funcionários da Matrix deviam sempre fazer solicitações formais de abertura de PT para suas tarefas designadas, submetendo-as a equipe da Valero. Ao receberem o retorno com a PT, tinham a incumbência de revisar o escopo de cada uma, verificando os requisitos de segurança com o responsável pela abertura da permissão. Dada a aprovação, o líder da atividade repassava o documento com sua equipe para que todos tomassem ciência.

4.1.2 Dinâmica do Acidente

O primeiro passo para a realização do procedimento de manutenção era o entendimento do que seria realizado por funcionários de ambas as empresas. Neste caso, se tratava de uma remontagem de trecho de tubulação em local onde ocorria purga constante de nitrogênio por uma abertura de 24” onde um dos flanges do tubo seria conectado, como pode ser visto na Figura 4.1.

Para isso, a permissão de trabalho inicialmente demandava que o supervisor da equipe responsável pela tarefa fizesse uma visita prévia ao local para visualização das condições antes que a PT fosse aprovada. Nessa visita o supervisor poderia verificar o local, repassando o procedimento em busca de quaisquer perigos não identificados. O primeiro desvio de segurança foi justamente a não realização desta visita preliminar. Apesar disto, as permissões foram aprovadas e o supervisor da Matrix se reuniu com sua equipe para esclarecimento das tarefas. Feito isso, todos assinaram a permissão de trabalho, atestando terem conhecimento dos requisitos de segurança envolvidos.

Para a realização da remontagem da tubulação foram abertas duas permissões diferentes, uma para a equipe de caldeiraria e outra para a equipe de montagem. A equipe de montagem era responsável, naturalmente, pela

remontagem do trecho de tubo na linha principal. Sua permissão de trabalho os dava autorização para, apenas, preparar o trabalho, levando ferramentas e equipamentos a área de execução da tarefa e informava sobre a purga de nitrogênio no local. Como a permissão era apenas para a preparação da atividade, não foi informada a necessidade de instrumentos de respiração artificial e monitoramento de oxigênio no ambiente. A segunda permissão, emitida para a equipe de caldeiraria, era semelhante, mas possuía duas diferenças. Nela não foi incluída a purga de nitrogênio como um dos perigos identificados e não foram limitados os trabalhos dos caldeireiros apenas a atividades preparatórias. Apesar disso, o emissor da PT relatou posteriormente que o supervisor de caldeiraria concordou que seriam realizadas apenas atividades preparatórias. Com a emissão do documento desta forma, a equipe de caldeiraria se encontrava formalmente habilitada a realizar toda a tarefa de remontagem e, dentre suas atividades, promoveu a remoção da cobertura de plástico e madeira que se encontrava na abertura.

Conforme os trabalhos prosseguiam, o chefe de caldeiraria foi informado que o guindaste que seria utilizado no içamento do trecho de tubulação estava disponível para uso. Ao saber disso, o supervisor e o administrador do contrato decidiram aproveitar para adiantar os trabalhos devido as constantes pressões da Valero de que o serviço deveria ser concluído até o fim do turno noturno. Como se encontravam perto da hora do almoço, o supervisor informou a equipe de que não interromperiam as atividades e seguiriam trabalhando durante o horário da refeição.

Antes de se iniciar o posicionamento da tubulação, entretanto, um dos empregados percebeu que havia um rolo de fita adesiva depositado no fundo do vaso, tendo caído pela abertura do flange de 24 polegadas, como pode ser visto na Figura 4.3.

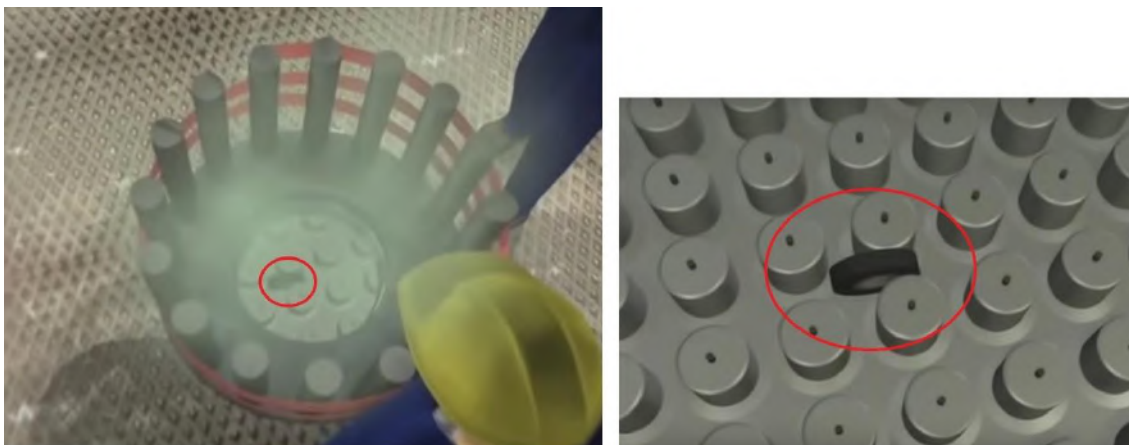


Figura 4.3 - Rolo de fita adesiva no fundo do reator catalítico (U.S. CSB, 2006b)

A presença deste rolo de fita seria fator impeditivo à aprovação por parte da Valero do serviço executado, sendo mandatória sua remoção. O cenário correto seria a solicitação de uma equipe especializada em trabalhos em áreas confinadas, com equipamento respiratório adequado, para fazer a retirada do rolo. Este cenário, apesar de ter sido considerado pela equipe foi logo descartado pois levaria muito tempo e, ao término da atividade, o guindaste não estaria mais disponível. Sendo assim, um dos empregados pegou um arame de obra, fez um gancho em sua ponta e tentou “pescar” através da abertura o rolo no fundo do tanque, por volta de 1,5m abaixo do nível onde se encontrava. Apesar de inúmeras tentativas, nenhuma delas foi bem sucedida. O arame com o gancho feito pode ser visto na Figura 4.4, enquanto que a abertura é apresentada na Figura 4.5.

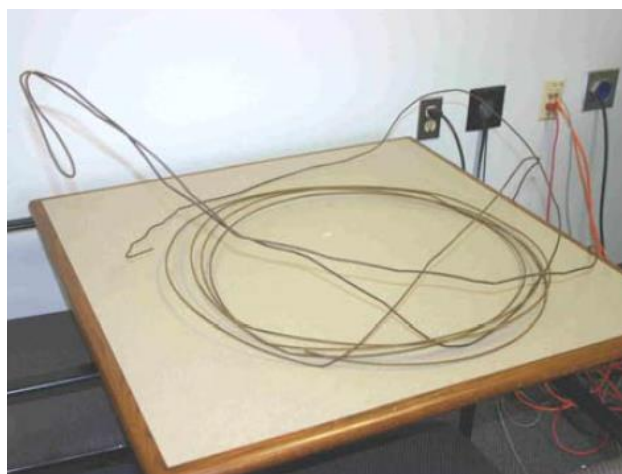


Figura 4.4 - Arame com gancho utilizado pelo acidentado
Reprodução (U.S. CSB, 2006a)



*Figura 4.5 – Abertura de 24” por onde o empregado tentou recuperar a fita
Reprodução (U.S. CSB, 2006a)*

Alguns momentos antes do acidente, testemunhas oculares confirmaram que o trabalhador se encontrava debruçado sobre os parafusos, tendo posteriormente se ajoelhado, tentando recuperar o rolo de fita. Nenhuma testemunha ocular foi capaz de informar se o funcionário entrou no reator por conta própria ou se este caiu lá dentro. Também não foram identificados indícios físicos que confirmassem quaisquer dos cenários. São trabalhadas duas hipóteses para a primeira vítima, que tentou recuperar a fita adesiva com o arame. Devido à baixíssima probabilidade de queda devido à barreira de parafusos (apresentada na Figura 4.5), ambas se iniciariam com o trabalhador voluntariamente passando seu corpo para o “lado de dentro” destes. Desta forma, o funcionário teria sentado na beirada da abertura com as pernas penduradas de maneira a ter uma melhor posição em suas tentativas ou teria entrado voluntariamente no vaso. Nos dois cenários, a atmosfera deficiente em oxigênio seria responsável pelo desmaio e queda do trabalhador dentro do vaso.

O supervisor da equipe, ao reparar na queda de seu colega, se apressou em socorrê-lo. Agindo por instinto, deixando de lado os conhecimentos adquiridos nos treinamentos de atendimentos a emergências, buscou uma escada e entrou no ambiente em uma tentativa de salvar seu companheiro (ação confirmada por testemunhar oculares). A partir do momento em que entrou no

vaso, devido ao baixo teor de oxigênio, não demorou para que também colapsasse.

O administrador que acompanhava as atividades, ao reparar no que acontecia, se aproximou, hesitou e decidiu entrar em contato via rádio com a equipe de atendimento a emergências. A equipe chegou rapidamente com os equipamentos respiratórios adequados a áreas confinadas e realizou a retirada dos trabalhadores inconscientes com auxílio de um tripé de içamento em menos de dez minutos da ocorrência inicial. Apesar disso e de inúmeros esforços visando a reanimação dos acidentados, ambos foram declarados mortos ao chegarem ao hospital mais próximo.

4.2 Acidente da Union Carbide

4.2.1 Informações Gerais

Este acidente ocorreu no dia vinte e sete de março de 1998 em uma planta de produção de óxido de etileno, etileno glicol e éteres de glicol da Union Carbide a 48 quilômetros de Nova Orleans na Louisiana, Estados Unidos. Nele, dois trabalhadores foram surpreendidos por correntes de nitrogênio enquanto faziam uma inspeção com luz negra em uma tubulação horizontal de vinte e quatro polegadas. A planta se encontrava em período de parada programada para manutenção geral, estando a tubulação em questão aberta para remoção de resíduos orgânicos (que brilham quando expostos a luz negra). Por se tratar de uma planta que envolvia um reator catalítico, nitrogênio estava sendo injetado no reator de maneira a manter a atmosfera livre de oxigênio. Este gás fluía para outros pontos da planta através das tubulações de interligação. Em um destes locais o inerte estava sendo liberado por onde, originalmente, se encontrava um misturador de oxigênio, justamente na abertura onde os empregados realizavam suas tarefas. Nenhuma placa foi posicionada na abertura da tubulação identificando o local como espaço confinado, assim como nenhum aviso foi colocado a respeito da presença de nitrogênio potencialmente perigoso no ambiente. Devido a necessidade de se ter sombra para facilitar a visualização de resíduos com luz negra, os trabalhadores prenderam um plástico na abertura da tubulação, dificultando a saída do nitrogênio do ambiente. Ao trabalharem na parte de dentro (fechada) da tubulação ou nos seus arredores, os trabalhadores foram surpreendidos pelo enriquecimento de nitrogênio no ambiente e ocorreu o

acidente onde um dos empregados faleceu enquanto que o outro ficou gravemente ferido.

4.2.2 Dinâmica do Acidente

No período de parada programada estava planejada a realização de duas atividades principais, sendo elas a troca da carga de catalisador dos reatores catalíticos e a limpeza do misturador alimentador de oxigênio (MAO). Este misturador foi retirado, expondo duas aberturas de 48 polegadas de diâmetro originalmente conectadas ao equipamento. Ambas as aberturas foram envoltas em plástico transparente (ver Figura 4.6) de maneira a evitar a entrada de detritos nas tubulações até a reinstalação do MAO.



Figura 4.6 - Abertura da tubulação isolada por plástico transparente. Destacado em vermelho o plástico preto utilizado pelos trabalhadores. Adaptação (U.S. CSB, 1999).

Para o bom funcionamento do MAO, era necessário que se garantisse a ausência de compostos orgânicos, sendo mandatória a realização de uma limpeza também em suas tubulações associadas. A limpeza deveria ser realizada com uma solução de tricloroetileno, solvente orgânico muito utilizado na indústria. Após a aplicação da solução, barras de luz negra deveriam ser usadas para visualização de quaisquer resíduos orgânicos que ainda permanecessem.

Para a realização do procedimento de limpeza e conferência, foram selecionados dois trabalhadores. O primeiro deles se tratava de um funcionário aposentado da Union Carbide com mais de trinta e dois anos de serviços

prestados, principalmente na planta em questão. Este trabalhador foi contratado para atuar como o responsável pela área de reações da planta durante o turno do dia. Sua posição anterior à aposentadoria era a de Especialista da Área de Reações da mesma planta. O segundo era funcionário do quadro ativo da Union Carbide com vinte e três anos de serviços de manutenção prestados na planta. Seu cargo era de Técnico de operações Qualificado para Manutenção. O líder da atividade era o empregado aposentado da Union Carbide.

No dia do acidente, os dois trabalhadores iniciaram as atividades pelo flange localizado mais a Sul da planta. Este flange não possuía purga de nitrogênio pois a válvula que alimentaria o local com nitrogênio estava fechada. Devido ao sol, os empregados substituíram o plástico transparente utilizado para evitar a entrada de detritos por um preto (ver Figura 4.6) para escurecer o ambiente e facilitar a visualização com a luz negra. Além disso, como estava ventando no dia, estes fixaram o plástico com o auxílio de dois outros trabalhadores que se encontravam no local (estes estavam aguardando a recolocação do MAO no lugar). Desta forma, foi criada uma barreira entre o interior da tubulação e o ambiente externo. Finalizado o primeiro lado, os trabalhadores seguiram para o outro flange, repetindo o procedimento de colocação do plástico preto e criando uma atmosfera confinada involuntária. Deste lado da tubulação, havia purga de nitrogênio. A purga constante criou uma atmosfera rica em nitrogênio (consequentemente pobre em oxigênio) enquanto os executores da limpeza trabalhavam. Os trabalhadores que se encontravam do lado de fora, aguardando o MAO, estavam em contato com os outros durante a execução da atividade. Eventualmente, um desses trabalhadores observou, ao olhar para dentro da tubulação através de uma brecha no plástico, que a mão de um dos mantenedores estava cheia de sangue, alertando seu companheiro. Ambos chamaram os trabalhadores que estavam na parte de dentro, sem obterem resposta. Neste momento, o plástico foi removido e ambos os trabalhadores se encontravam inconscientes. Um deles, o líder, se encontrava sentado próximo a parte externa, sendo sua cor descrita como branca. O outro estava caído com a cabeça voltada na direção da tubulação, estando com a pele roxa. A cor da pele de ambos era um indicativo de gravidade de asfixia, sendo o

funcionário com a pele roxa aquele que se encontrava em estado mais grave³. O serviço de emergência foi acionado e a equipe de segurança da planta removeu ambos da tubulação, enquanto tentavam ressuscitar o trabalhador mais afetado. Os dois foram encaminhados ao hospital mais próximo e, enquanto o líder da atividade ficou cinco dias internado com o auxílio de equipamentos respiratórios, o outro faleceu assim que deu entrada no pronto-socorro.

Um ponto digno de destaque é que o trabalhador mais experiente, líder da atividade, havia orientado que fosse realizada a injeção de nitrogênio na linha no dia anterior. É conjecturado que, devido a injeção de nitrogênio ser originalmente em um ponto muito distante de onde a atividade ocorria, o líder não se lembrou desta purga de inerte.

³ Conhecida como cianose, o surgimento de coloração azul-arroxeadada na pele é indicativo de circulação de sangue deficiente em oxigênio (DEZUBE, 2020)

5 Análise de falhas dos acidentes pela ótica da NR-33 e do RBPS

Ao longo deste capítulo são apresentados pontos de falha identificados em cada um dos acidentes, analisados separadamente. Cada cenário de erro é listado e, em seguida, os desvios identificados na NR-33, RBPS ou em ambos são expostos. Alguns dos desvios identificados geram outros diretamente associados a estes. Nestes casos, os desvios são analisados no mesmo tópico. Os cenários são apresentados de acordo com a ordem em que foram descritos nos itens 5.1 (Valero) e 5.2 (Union Carbide). Após a realização de ambas as análises, um tópico de consolidação dos elementos e seções infringidos é apresentado.

É importante destacar que em todos os desvios identificados para a NR-33, o RBPS também é desobedecido em seu elemento de “Observância aos padrões”. Isso ocorre pois, naturalmente, a NR-33 é uma norma brasileira de referência para a realização de atividades em espaços confinados que, nestes casos, não foi respeitada. É importante atentarmos ao elemento de “Cultura de segurança de processo”. Apesar de ser possível desconfiar de uma fraqueza neste elemento em todos os desvios identificados, a comprovação de sua violação demanda uma análise mais profunda e detalhada junto aos setores das respectivas empresas, não sendo adequado apontar falha de cultura de segurança em alguns dos desvios apenas com as informações disponíveis nos relatórios de referência.

5.1 Acidente de Valero e os desvios em relação à NR-33 e ao RBPS

- **Desvio V.1: Não realização de visita preliminar, conforme procedimento de abertura de permissão de trabalho**

O primeiro desvio identificado infringe tanto a NR-33 quanto o RBPS. A permissão de trabalho aberta indicava, antes de qualquer atividade, a necessidade da realização de uma visita do supervisor da equipe executante ao local da execução do trabalho. Esta visita não foi realizada e mesmo assim a PT foi aprovada, podendo ser um indicativo de tolerância a desvios por parte do responsável pela abertura da PT, uma vez que não se tratava do primeiro dia dos empregados na planta. A NR-33 foi desrespeitada no tópico que diz respeito às responsabilidades do trabalhador, onde este deve cumprir integralmente os

procedimentos aplicáveis. Além disso, no tópico de gestão de segurança, é mencionada a importância da antecipação e reconhecimento prévio dos riscos de cada área, itens que não foram atendidos devido à não realização desta visita preliminar. Em relação ao RBPS, além da já mencionada violação à “Observância aos padrões”, é possível destacar um desvio no “Envolvimento da força de trabalho” uma vez que, apesar do padrão (realização de visita prévia para abertura da PT) existir e seu cumprimento ser obrigatório, este foi negligenciado pelo empregado da Valero incumbido da abertura da PT, constituindo também infração ao elemento de “Procedimentos operacionais”. É possível fazer uma reflexão acerca da realização do procedimento de abertura de PT. Considerando que a planta se encontrava parada para manutenção, é de se imaginar que era elevado o volume de permissões de trabalho sendo abertas, podendo influenciar na qualidade do preenchimento destes documentos mediante pressão para execução da tarefa o mais rapidamente possível. A “Identificação de perigo e análise de risco” também foi violada, uma vez que a vistoria preliminar tinha, dentre suas motivações, justamente a identificação de perigos. É possível levantar também um alerta a respeito da “Gestão de contratados” devido ao desrespeito ao procedimento por parte dos funcionários da Matrix (empresa terceirizada de manutenção).

- **Desvio V.2: Preenchimento incorreto de PT, gerando novos e críticos desvios**

Analisando a abertura da permissão de trabalho da equipe de Caldeiraria, algumas falhas ficam evidentes. Inicialmente a referida permissão de trabalho, além de não informar a existência de purga de nitrogênio, não limitou as tarefas permitidas a atividades preparatórias, dando o aval para realização de todas as atividades por parte da equipe. Ao não informar a respeito da purga de nitrogênio um novo problema surgiu: Não foi informada a necessidade de instrumentos de monitoramento de oxigênio no ambiente e de equipamentos respiratórios. Observando estes acontecimentos, notamos primeiro que o preenchimento do documento de permissão de trabalho não foi adequado, levando a alguns erros em decorrência disso. Fica claro, em seguida, que ao menos um dos potenciais perigos não foi apresentado aos funcionários terceirizados (a purga de nitrogênio). Por fim, não foram preparados equipamentos de monitoramento de

atmosfera e de respiração artificial, fundamentais para o trabalho seguro na atmosfera confinada com teor desprezível de oxigênio e que poderiam ter evitado as fatalidades.

Observando os desvios, percebemos que a NR-33 é violada principalmente em seu tópico de “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados”. Neste são apresentados os procedimentos adequados de abertura de PT. Ao não abrir a PT adequadamente, identificando os devidos riscos, os trabalhadores não se prepararam para realizar o controle de riscos atmosféricos. Devido a isso e também à ausência de indicação de espaço confinado, não foi realizado um monitoramento da atmosfera no local de entrada do espaço confinado e os trabalhadores se expuseram ao perigo sem a utilização de equipamentos de respiração artificial.

Buscando os elementos que falharam do RBPS, o problema com a PT, ao não seguir o procedimento da companhia, foi contra a “Observância aos padrões”, sendo esta duplamente infringida quando consideramos o não atendimento a NR-33. Esta mesma ação também pode ser enquadrada como uma infração ao elemento de “Procedimentos operacionais”, ao não realizar corretamente o procedimento de abertura de PT. A não apresentação da purga de nitrogênio caracteriza infração clara ao elemento de “identificação de perigos e análise de riscos”. Por fim, as “Práticas de trabalho seguras” não foram seguidas ao não ser realizado o monitoramento da atmosfera confinada e também não serem utilizados equipamentos de respiração autônoma.

É importante notarmos que, dentre os desvios apresentados nesse item, é possível apontar um como “chave”: o preenchimento incorreto da permissão de trabalho. Os outros, críticos para a gravidade do acidente, se apresentam como resultados diretos deste desvio inicial. Sendo assim, é possível destacar uma infração ao elemento “Treinamento e Garantia de Performance” do RBPS, uma vez que a abertura incorreta de PT demonstra clara falha de execução por parte do trabalhador e falta de compromisso com a segurança de processo, permitindo apontar também desvio do elemento de “Envolvimento da força de trabalho”.

- **Desvio V.3: Tentativa de apressar os trabalhos para atender ao cronograma da empresa sem uma avaliação dos riscos envolvidos**

A necessidade da utilização de um guindaste para realocação do trecho de tubulação levou os responsáveis (supervisor da tarefa e administrador do contrato) a acelerarem os trabalhos para aproveitar uma janela de disponibilidade do equipamento de içamento. É importante notar que o problema não foi a tentativa de aproveitar a janela de disponibilidade do equipamento, mas sim a não realização de um planejamento com avaliação e mitigação de riscos e a não verificação da permissão de trabalho. Ao não verificar a permissão de trabalho (avaliando a necessidade ou não de abertura de uma nova para a atividade de içamento), possíveis perigos não foram analisados, constituindo infração ao elemento “Identificação de perigos e análise de risco” do RBPS. Como um complemento, podemos citar que, ao apressar a atividade e suprimir o horário de almoço dos funcionários, a possibilidade de erro humano aumenta, podendo incluindo também o fator de fadiga na análise. Dessa forma, o próprio ato de acelerar a atividade, se torna uma transgressão ao elemento de “Cultura de segurança de processo”. Naturalmente a “Observância aos padrões” também foi infringida uma vez que os procedimentos de elaboração, abertura e fechamento de PT não foram seguidos, sendo também uma transgressão das medidas administrativas descritas no tópico “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados” da NR-33.

- **Desvio V.4: Tentativa de remoção do rolo de fita adesiva do reator mediante técnica e comportamentos indevidos para atender necessidades de prazo**

A tentativa de remoção do rolo de fita adesiva do espaço confinado por parte do empregado utilizando um arame de obra (vide Figura 4.4) foi feita devido às necessidades de atendimento a prazos estabelecidos. O cenário correto de solicitação de equipe especializada para remoção, já descrito no item 4.1.2, não atenderia o prazo. Sendo assim, através de um comportamento inseguro e que vai contra as boas práticas ensinadas nos treinamentos, o trabalhador optou por se posicionar “pendurado” na abertura do flange, em uma tentativa desastrada de recuperar o rolo. A maneira completamente insegura como o trabalhador buscou solucionar o problema caracteriza transgressão grave da NR-33 no que

diz respeito as “Responsabilidades do empregador e do trabalhador”. Além de não comunicar seu supervisor a respeito do problema, não respeitou os aprendizados passados nos treinamentos e buscou resolver a situação através de improvisos inseguros. Esta atitude merece ser destacada também como uma falha grave do pilar 1 do RBPS “Comprometimento com a segurança de processo” que, à exceção do elemento de “Divulgação às partes interessadas”, possui falhas em todos os demais (“Cultura de segurança de processo”, “Observância aos padrões”, “Competência em segurança de processo” e “Envolvimento da força de trabalho”). Podemos também caracterizar falha dos elementos de “Práticas de trabalho seguras”, “Gestão de contratados” e “Treinamento e garantia de performance” nesta atitude do trabalhador. Pode ser mencionada também a falha do supervisor/vigia que não interrompeu as atividades, configurando falha dos componentes de medidas pessoais do tópico de gestão de segurança da NR-33. Esta série de desvios foi diretamente responsável pelo primeiro acidentado. Podemos, apesar disso, lembrar a supressão do horário de almoço que gera um estado de fadiga mais elevada, também podendo contribuir para a realização da tarefa de maneira incorreta, visando apenas resolver o problema rapidamente.

- **Desvio V.5: Tentativa de resgate do trabalhador acidentado sem avaliação e equipamentos adequados por parte do supervisor da equipe**

A forma como o supervisor da equipe que acompanhava a realização das atividades tentou resgatar o primeiro acidentado (que tentava recuperar o rolo de fita com um arame) foi baseada no instinto e não em seus treinamentos. Ao notar a queda de seu companheiro dentro do reator, agiu impulsivamente e posicionou uma escada no bocal do equipamento, entrando neste e desmaiando em seguida devido a atmosfera pobre em oxigênio. Inicialmente podemos destacar que o quesito de responsabilidades do trabalhador da NR-33 foi violado uma vez que o funcionário não correspondeu às expectativas quando exposto a um cenário de emergência mesmo se tratando de um funcionário treinado. Seguindo nos “erros” relacionados a NR-33, ao adentrar o espaço confinado o supervisor violou o tópico de “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados” em alguns pontos. A primeira violação desta seção foi a

não avaliação da atmosfera com instrumentos analíticos adequados para determinar se era seguro entrar. Em seguida, o próprio ato de entrar no espaço confinado configurou desvio em relação a NR-33 uma vez que não foi realizado mediante acompanhamento de outros responsáveis técnicos e nenhum equipamento de segurança foi utilizado (ex: tripé e máscara respiratória). Em relação ao tópico de “Emergência e salvamento”, o supervisor claramente não seguiu qualquer procedimento de segurança, se guiando apenas pelo impulso de ajudar seu companheiro acidentado. É importante destacar que a permissão de trabalho aberta inicialmente também não contemplava a entrada em espaços confinados.

De acordo com os desvios já identificados para a NR-33, é possível trabalhar em cima de elementos do RBPS infringidos. O primeiro destes é a não observância aos padrões uma vez que foi realizada a entrada no reator mesmo sem permissão para tal indicada na PT. A forma como o supervisor atendeu a emergência também não seguiu procedimentos de emergência, sendo também uma infração ao mesmo elemento. A “Competência em segurança de processo” foi atingida uma vez que este supervisor não foi capaz de perceber e gerenciar o cenário de perigo, “permitindo” que seu companheiro se acidentasse e, em seguida, também se acidentando. Ao não perceber o cenário de perigo, infringiu o elemento de “Identificação de perigos e análise de risco”. Por agir instintivamente e não seguir os procedimentos de emergência, os elementos de “Procedimentos operacionais”, “Práticas de trabalho seguras” e “Treinamento e garantia de performance” foram infringidos pelo trabalhador. O fato de o supervisor não ter comunicado um cenário claro de emergência (a queda do primeiro trabalhador dentro do reator) constitui infração ao elemento de “Gestão de emergência”.

- **Resumo de infrações do acidente da Valero**

Na Tabela 5.1 são resumidos os elementos do RBPS e seções da NR-33 atingidos nos desvios do acidente de Valero.

Desvio	Elementos do RBPS	Seções da NR-33
V.1: Não realização de visita preliminar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Envolvimento da força de trabalho 2. Identificação de perigo e análise de risco 3. Procedimentos operacionais. 4. Gestão de contratados 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Responsabilidades do empregador e do trabalhador 2. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
V.2: Preenchimento incorreto de PT	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observância aos padrões 2. Envolvimento da força de trabalho 3. Procedimentos operacionais 4. Práticas de trabalho seguras 5. Treinamento e garantia de performance 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
V.3: Tentativa de apressar os trabalhos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cultura de segurança de processo 2. Observância aos padrões 3. Identificação de perigos e análise de riscos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
V.4: Tentativa de “pescar” rolo de fita com arame	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cultura de segurança de processo 2. Observância aos padrões 3. Competência em segurança de processo 4. Envolvimento da força de trabalho 5. Práticas de trabalho seguras 6. Gestão de contratados 7. Treinamento e garantia de performance 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Responsabilidades do empregador e do trabalhador 2. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
V.5: Tentativa instintiva de resgate do trabalhador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observância aos padrões 2. Competência em segurança de processo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Responsabilidades do empregador e do trabalhador

acidentado pelo supervisor	3. Identificação de perigos e análise de risco 4. Procedimentos operacionais 5. Práticas de trabalho seguras 6. Treinamento e garantia de performance 7. Gestão de emergência	2. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados 3. Emergência e salvamento
-----------------------------------	---	--

Tabela 5.1 – Desvios do acidente de Valero e suas respectivas infrações às seções da NR-33 e elementos do RBPS

5.2 Acidente da Union Carbide e os desvios em relação à NR-33 e ao RBPS

- **Desvio UC.1: Não identificação das aberturas da tubulação de 48” como espaços confinados e da purga de nitrogênio**

Apesar de não ser obrigatória a identificação de espaços confinados “temporários”, é informado no relatório do acidente que a OSHA considerou como áreas confinadas as aberturas da tubulação. Sendo assim, o primeiro desvio facilmente identificado foi a não sinalização das aberturas da tubulação de 48” como sendo espaços confinados, nem sobre a existência de uma purga de nitrogênio na abertura que ficava mais a Norte. A identificação do espaço confinado e de seus riscos é uma das medidas administrativas previstas na seção de “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados” da NR-33. Seguindo a falta de identificação de riscos, temos também uma infração do elemento de “Identificação de perigos e análise de risco” do RBPS.

Neste desvio cabe destacar a falha do elemento de “Competência em segurança de processo”. Apesar de ambos os trabalhadores responsáveis pela tarefa possuírem muitos anos de experiência e cargos compatíveis com funcionários de elevado grau de conhecimento de processo, ambos falharam em identificar que uma das aberturas da tubulação possuía uma purga de nitrogênio, uma vez que esta abertura se encontrava ligada ao ponto onde o próprio líder da atividade havia determinado a realização desta purga. É possível que o líder, muito experiente e acostumado a situações de, teoricamente, maior perigo, não tenha dado a devida atenção à atividade por se tratar de uma simples limpeza. O funcionário que auxiliava na atividade também possuía muita experiência, mesmo que inferior à do líder e, possivelmente, não viu motivo para não seguir

as determinações do líder da atividade devido à confiança em seu julgamento e conhecimento de processo prévio. Esta falha clara do elemento de competência em segurança de processo pode ter sido motivada por respeito ou até mesmo receio de criar uma situação potencialmente desagradável com um trabalhador mais experiente.

- **Desvio UC.2: Não abertura de permissão de trabalho liberando as atividades dos trabalhadores**

Conforme já mencionado no desvio UC.1, a OSHA considerou as aberturas da tubulação como espaços confinados. Além disso, a organização destacou o não atendimento ao seu padrão elaborado visando a entrada e trabalho em espaços confinados. Desta forma, adotando a mesma abordagem, podemos destacar como segundo desvio a não abertura de uma permissão de trabalho que liberasse a realização de atividades na área confinada. Isto configura transgressão da seção “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados” da NR-33 no que diz respeito a abertura de permissão de trabalho. Devido ao fato de o líder da atividade ser um ex-funcionário contratado para realizar a tarefa, é possível apontar uma falha do elemento de “Gestão de contratados” uma vez que é de responsabilidade da contratante garantir que boas práticas de segurança sejam atendidas pelos contratados, incluindo a adesão a normas e procedimentos. Ao não solicitar abertura de PT, o trabalhador contratado para ser o líder da atividade não seguiu essas boas práticas, ferindo também os elementos de “Observância aos padrões” e “Procedimentos operacionais”.

É importante discutir a respeito da não abertura de PT por parte de um funcionário tão experiente que, certamente, tinha conhecimento do procedimento correto a ser seguido nesse caso. Após tantos anos de experiência, é possível que o funcionário, já inclusive aposentado, tenha desenvolvido um excesso de confiança mediante a realização de inúmeras atividades sem ocorrência de acidentes.

- **Desvio UC.3: Não existência de um vigia para acompanhar as atividades**

O terceiro desvio foi a não indicação de uma pessoa para atuar como vigia, conforme previsto pela NR-33, sendo esta uma das medidas pessoais previstas na seção de “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados”. Por sua vez, o elemento de “Práticas de trabalho seguras” do RBPS também foi desrespeitado devido a não existência desse vigia atuando como uma salvaguarda.

- **Desvio UC.4: Fixação do plástico preto limitando a renovação do ar na atmosfera confinada e não realização de uma análise da atmosfera antes de entrar na tubulação**

A NR-33 na seção de “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados”, mais especificamente nas medidas técnicas de prevenção, determina que as condições atmosféricas do espaço confinado precisam ser mantidas em níveis aceitáveis mediante a realização de ações como a ventilação forçada, por exemplo. Ao instalarem o plástico preto para facilitar a visualização, os trabalhadores seguiram na direção oposta. Mesmo que não existisse uma purga de nitrogênio, foi criado um ambiente confinado, sem renovação da atmosfera, com potencial para atingir índices de oxigênio reduzidos e prejudiciais a permanência humana no local. Percebe-se também uma clara transgressão ao elemento de “Competência em segurança de processo” uma vez que os próprios trabalhadores aumentaram os riscos aos quais estavam submetidos ao se colocarem em confinamento isolado do ambiente externo. Vale lembrar que ambos os trabalhadores eram muito experientes, com múltiplos anos de serviço, ressaltando a importância dos treinamentos constantes previstos na NR-33 e no RPBS mesmo para funcionários mais antigos, permitindo apontar falha do elemento de “Treinamento e garantia de performance”.

Para finalizar a análise deste desvio, é válida a discussão a respeito do posicionamento temporário do plástico preto e sua relação com o elemento de “Gestão de mudança”. Ao colocarem o plástico, primeiro na abertura mais a Sul e, posteriormente, na abertura a Norte onde sofreram o acidente, os funcionários infringiram o elemento que determina especificamente que quaisquer mudanças, devendo ser considerada mesmo esta mudança temporária, devem passar por

revisão, verificando se não são criados novos cenários de risco. Caso este elemento tivesse sido atendido, a purga de nitrogênio provavelmente seria identificada e o acidente não teria ocorrido.

- **Desvio UC.5: Não utilização de equipamentos de análise do ar visando controle de riscos atmosféricos**

Ao não “entenderem” a entrada da tubulação como uma área confinada, os trabalhadores não se preocuparam em verificar se a atmosfera no local era segura. A não utilização de equipamentos de análise do ar fere as medidas técnicas de prevenção previstas na seção “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados”, onde a atmosfera deveria ser analisada antes da realização de trabalhos nela, e os elementos de “Procedimentos operacionais” e “Práticas de trabalho seguras” do RBPS a partir do momento em que uma tarefa voltada para a redução dos perigos inerentes as atividades desenvolvidas não foi realizada.

- **Desvio UC.6: O “esquecimento” da purga de nitrogênio instruída na noite anterior pelo líder da atividade**

A realização de uma purga de nitrogênio foi instruída pelo próprio líder da atividade de limpeza na noite anterior ao acidente. Ao se colocar em uma das tubulações por onde o nitrogênio era expelido e se fechar dentro dela com um plástico, o líder da atividade demonstrou não estar atento ao cenário de perigo que ele mesmo criou. Devido aos fatos expostos, apesar de se tratar de um trabalhador com muita experiência, este falhou gravemente nos elementos do RBPS de “Competência em segurança de processo” e de “Treinamento e garantia de performance”.

Em relação a NR-33, é possível apontar falha de “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados” a partir do momento em que, analisando as medidas pessoais previstas pela norma, os trabalhadores não anteciparam os riscos envolvidos no ambiente confinado em que trabalhavam.

- **Resumo de infrações do acidente da Union Carbide**

Na Tabela 5.2 são resumidos os elementos do RBPS e seções da NR-33 atingidos nos desvios do acidente da Union Carbide.

Desvio	Elementos do RBPS	Seções da NR-33
UC.1: Não identificação das aberturas como espaços confinados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificação de perigos e análise de risco 2. Competência em segurança de processo 	1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
UC.2: Não abertura de PT	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observância aos padrões 2. Procedimentos operacionais 3. Gestão de contratados 	1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
UC.3: Falta de um vigia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Práticas de trabalho seguras 	1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
UC.4: Fixação do plástico preto na abertura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Competência em segurança de processo 2. Treinamento e garantia de performance 3. Gestão de mudanças 	1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
UC.5: Não realização de análises da atmosfera na tubulação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procedimentos operacionais 2. Práticas de trabalho seguras 	1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados
UC.6: “Esquecimento” da purga de nitrogênio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Competência em segurança de processo 2. Treinamento e garantia de performance 	1. Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados

Tabela 5.2 – Desvios do acidente de Union Carbide e suas respectivas infrações às seções da NR-33 e elementos do RBPS

5.3 Consolidação das infrações por elemento do RBPS e seção da NR-33

Realizando uma análise dos desvios observados em ambos os acidentes, vide Tabela 5.1 e Tabela 5.2, nota-se que nenhum deles “escapou” da NR-33 ou do RBPS. Todos os erros cometidos poderiam ter sido evitados caso a norma ou o sistema de gestão de segurança de processo tivessem sido integralmente atendidos.

Na Tabela 5.3 e na Tabela 5.4 são consolidados os números de infrações por elemento do RBPS e por seção da NR-33 para cada um dos acidentes. Uma coluna com os números somados de ambos os acidentes é incluída de maneira a destacar os itens mais frequentemente negligenciados.

Elemento do RBPS	Infrações Valero	Infrações Union Carbide	Total de Infrações
Cultura de segurança de processo	2	-	2
Observância aos padrões	4	1	5
Competência em segurança do processo	3	2	5
Envolvimento da força de trabalho	3	-	3
Divulgação às partes interessadas	-	-	-
Gestão de conhecimento do processo	-	-	-
Identificação de perigos e análise de risco	3	1	4
Procedimentos operacionais	3	2	5
Práticas de trabalho seguras	3	2	5
Integridade e confiabilidade de ativos	-	-	-
Gestão de contratados	2	1	3

Treinamento e garantia de performance	3	2	5
Gestão de mudanças	-	1	1
Prontidão operacional	-	-	-
Condução das operações	-	-	-
Gestão de emergências	1	-	1
Investigação de acidentes e incidentes	-	-	-
Métricas e indicadores	-	-	-
Auditoria	-	-	-
Gestão de revisões e melhoria contínua	-	-	-

Tabela 5.3 - Consolidação do número de infrações por elemento do RBPS

Seção da NR-33	Infrações Valero	Infrações Union Carbide	Total de Infrações
Responsabilidades do empregador e do trabalhador	3	-	3
Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados	5	6	11
Emergência e salvamento	1	-	1
Disposições gerais	-	-	-

Tabela 5.4 - Consolidação do número de infrações por seção da NR-33

Verificando as infrações mais comuns cometidas perante o RBPS, destacaram-se os elementos de “Observância aos padrões”, “Competência em segurança de processo”, “Procedimentos operacionais”, “Práticas de trabalho seguras” e “Treinamento e garantia de performance”, cada um com cinco transgressões contabilizadas. O elemento de “Observância aos padrões” merece um destaque especial pois, apesar de ter sido contabilizado apenas cinco vezes, poderiam ter sido ainda mais vezes se fossem consideradas todas as oportunidades em que a NR-33 foi desrespeitada. Próximo a estes elementos

citados estão a “Competência em segurança de processo” e “Identificação de perigo e análise de riscos”, com quatro infrações cada.

6 Conclusões

A realização de trabalhos em espaços confinados requer perícia dos envolvidos, mas, principalmente, preparação e atendimento aos padrões de segurança. Seguindo o quarto pilar do RBPS, “Aprendizado a partir de experiências”, é fundamental que sejam avaliados os pontos de falha dos acidentes e lições sejam tiradas de maneira a minimizar a possibilidade de ocorrência e/ou gravidade de acidentes futuros. Esse tipo de análise permite a elaboração de novos padrões ou melhoria dos existentes.

Quando analisamos os seis elementos mais infringidos do RBPS apontados no item 5.3, percebemos uma predominância do primeiro e terceiro pilares do sistema, respectivamente o “Comprometimento com a segurança de processo” e o “Gerenciamento de risco”. O fato destes serem os pilares mais desrespeitados demonstra tendências de acomodação e falsa sensação de segurança dos trabalhadores envolvidos. Tendo os dois acidentes em mente e lembrando que o nível de conhecimento de processo e das instalações eram completamente distintos (em Valero os dois trabalhadores prestavam serviços apenas naquele momento enquanto que na Union Carbide os dois responsáveis possuíam mais de vinte anos “de casa”), percebe-se a importância de treinamentos contínuos visando manter todos os funcionários sempre atualizados, não importando suas posições hierárquicas ou níveis de experiência. É importante que os treinamentos abordem não apenas questões técnicas, mas, devido à existência do fator humano, também sejam desenvolvidas competências sociais e emocionais, garantindo que os trabalhadores performem em cenários de pressão.

Do ponto de vista da NR-33, a seção mais desrespeitada foi a de “Gestão de segurança e saúde no trabalho em espaços confinados”. O motivo desta ter sido a mais infringida são as subdivisões abrangentes existentes nesta. Medidas técnicas de prevenção, administrativas, pessoais e treinamento são destacadas na seção e, por tratarem de assuntos correlatos aos elementos do RBPS mais atacados, se mostraram os pontos de maior fragilidade nos desvios observados nos dois acidentes.

Tendo observado as falhas apontadas por desvios do RBPS e da NR-33, fica clara a necessidade de se utilizar ambos de maneira complementar. Enquanto o RBPS é fundamental para consolidação de uma visão mais geral

acerca de potenciais pontos de fragilidades no que diz respeito à segurança de processo, a NR-33 fornece informações mais específicas sobre espaços confinados determinando quais atividades e como estas devem ser realizadas, aumentando consideravelmente os índices de segurança nas tarefas.

É importante destacarmos que, não importando os padrões utilizados ou nível de conhecimento técnico dos funcionários, o fator humano sempre se faz presente e tem o potencial de se sobrepor de maneira nociva a estes. Seja em atitudes desleixadas ou instintivas, não pode ser descartada a possibilidade de erro humano e é importante que se trabalhe para minimizar esse fato. Questões como fadiga ou constantes cobranças pela realização do maior número de tarefas, sem maiores preocupações com a qualidade e segurança, sempre devem ser levados em consideração na análise de acidentes devido ao seu potencial de aumento de falha pessoal. Além disso, a própria natureza humana deve ser levada em consideração quando potenciais riscos são analisados. Como vimos no acidente de Valero, por exemplo, o impulso de salvar um colega acabou vitimando um homem. Tivesse atendido ao seu treinamento, o atendimento a emergência seria mais rápido e, possivelmente, ambos teriam sobrevivido. Treinamentos constantes e objetivos se mostram imprescindíveis para a segurança pessoal e de processo. Estes treinamentos devem ser relacionados, não apenas a aspectos técnicos das atividades envolvidas, mas também às competências sociais e emocionais dos trabalhadores envolvidos.

Pensando no episódio ocorrido na Union Carbide, é válido destacar que, mesmo se tratando de um par de funcionários muito experientes e com pleno conhecimento da planta, uma série de erros foram cometidos, culminando no acidente. Isto demonstra a importância de se garantir que todos os funcionários, desde os mais novos até os mais experientes, passem por constantes treinamentos, garantindo a renovação de conceitos, sejam estes de processo, de segurança de processo ou administrativos cuja importância não pode ser desprezada em uma planta industrial. Tão importante quanto os treinamentos, é que os funcionários sejam continuamente lembrados dos motivos de “tantos” treinamentos, garantindo que os níveis de interesse nas atividades de treinamento permaneçam altos.

Por fim, cabe que ressaltar o papel da organização na prevenção de acidentes. Uma empresa com cultura de segurança bem estabelecida, equipes

bem preparadas, atentas aos procedimentos de segurança, ciente dos riscos envolvidos e de suas responsabilidades, tendem a otimizar tarefas e reduzir riscos, fornecendo os melhores e mais seguros resultados.

7 Referências Bibliográficas

- ABNT; IEC. **ABNT NBR IEC 60079 - Atmosferas Explosivas** Associação Brasileira de Normas Técnicas, , 2020. Disponível em: <<https://abnt.proxy.ufrj.br/ufrj/norma.aspx?ID=456844#>>
- ANP. Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional das Instalações Marítimas de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural. p. 40, 2019.
- BEUS, J. M.; MCCORD, M. A.; ZOHAR, D. Workplace safety: A review and research synthesis. **Organizational Psychology Review**, v. 6, n. 4, p. 352–381, 2016.
- BOMBEIROS COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA. **Tripé de Resgate**. Disponível em: <<https://loja.bombeiros.com.br/tripé-de-resgate>>. Acesso em: 17 fev. 2021.
- BORGES, A. P. **O que é espaço confinado?** Disponível em: <<https://segurancadotrabalhoempre.com/o-que-e-espaco-confinado/>>. Acesso em: 12 jan. 2021.
- BREATHE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA. **Rapid15 Conjunto de Escape**. Disponível em: <<https://protecaorespiratoria.com/rapid15-conjunto-de-escape/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- CCPS. **Guidelines for Risk Based Process Safety**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- CCPS. Process Safety Leading and Lagging Metrics. n. January 2011, 2011.
- CENTEMERI, L. Seveso : o desastre e a Directiva. **OpenEdition Journals**, v. 6, p. 0–7, 2010.
- CHOUDHRY, R. M.; FANG, D.; MOHAMED, S. The nature of safety culture: A survey of the state-of-the-art. **Safety Science**, v. 45, n. 10, p. 993–1012, 2007.
- CPDOC. **Consolidação das Leis de Trabalho**. Disponível em: <<https://cpdoc.fgv.br/producao/dossies/AEraVargas1/anos37-45/DireitosSociaisTrabalhistas/CLT>>. Acesso em: 2 jan. 2021.
- DEZUBE, R. **Cianose**. Disponível em: <<https://www.msdmanuals.com/pt/casa/distúrbios-pulmonares-e-das-vias-respiratórias/sintomas-de-distúrbios-pulmonares/cianose>>. Acesso em: 6 fev. 2021.

DIEN, Y.; LLORY, M.; MONTMAYEUL, R. Organisational accidents investigation methodology and lessons learned. **Journal of Hazardous Materials**, v. 111, n. 1–3, p. 147–153, 2004.

ENIT. **Normas Regulamentadoras - Português**. Disponível em: <<https://enit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-menu/sst-normatizacao/sst-nr-portugues?view=default>>. Acesso em: 2 jan. 2020.

EQUIPE CONECT. **Espaço confinado, o que é?** Disponível em: <<https://conect.online/blog/o-que-e-espaco-confinado/>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

EQUIPE CONECT. **Espaço confinado: como escolher meu insuflador de ar?** Disponível em: <<https://conect.online/blog/espaco-confinado-como-escolher-meu-insuflador/>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

GIBB, R.; ERCOLINE, B.; SCHARFF, L. Spatial disorientation: Decades of pilot fatalities. **Aviation Space and Environmental Medicine**, v. 82, n. 7, p. 717–724, 2011.

GONÇALVES FILHO, A. P.; ANDRADE, J. C. S.; MARINHO, M. M. D. O. Cultura e gestão da segurança no trabalho: Uma proposta de modelo. **Gestao e Producao**, v. 18, n. 1, p. 205–220, 2011.

HONEYWELL ANALYTICS. **Honeywell BW™ Max XT II Multi-gas detector**. Disponível em: <<https://www.honeywellanalytics.com/en-gb/products/GasAlertMax-XT-II>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

HOPKINS, A. **Thinking About Process Safety Indicators**, 2007.

INSS. **Comunicação de Acidente de Trabalho**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inss/pt-br/saiba-mais/auxilios/comunicacao-de-acidente-de-trabalho-cat>>. Acesso em: 1 jan. 2021.

JEAN-CHRISTOPHE LE COZE, S. L. ET N. D. **ACCIDENTS ET D ' EXPERIENCE** Préventique Sécurité, , 2008.

LEE, J. W. et al. Analysis of Suffocating Accidents in Confined Spaces in the Past 10 Years (2005-2015). **Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 26, n. 4, p. 436–444, 2016.

MTE. **NR-33 - Segurança e Saúde em Trabalhos em Espaços Confinados**, 2006. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-33.pdf/view>>

OSHA. Process Safety Management (PSM). p. 1–59, 2000.

PATANKAR, M.; SABIN, E. **The Safety Culture Perspective Human Factors in Aviation**, 2010.

PLATAFORMA SMARTLAB. **Notificações de Acidentes de Trabalho**. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst/localidade/3304557?dimensao=prevalenciaAcidentes>>. Acesso em: 31 dez. 2020.

SALAS, E.; DAN, M. **Human Factors in Aviation** Elsevier Ltd, , 2010.

SENADO FEDERAL. **Consolidação das Leis do Trabalho - CLT** Ministério do Trabalho, 2017. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/535468/clt_e_normas_correlatas_1ed.pdf>

SIT. **Normas Regulamentadoras (NR)**. Disponível em: <<https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/legislacao-sst/normas-regulamentadoras?view=default>>. Acesso em: 2 jan. 2020.

U.S. BLS. **Fatal occupational injuries involving confined spaces | July 2020**. Disponível em: <<https://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/confined-spaces-2011-18.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

U.S. CSB. Summary report - Union Carbide Accident. **Environmental Policy and Law**, v. 33, 1999.

U.S. CSB. **Hazards of nitrogen asphyxiation**, 2003.

U.S. CSB. **Case Study - Valero Accident U. S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board**, 2006a.

U.S. CSB. **CSB Safety Video: Hazards of Nitrogen Asphyxiation**, 2006b. Disponível em: <<https://www.csb.gov/videos/hazards-of-nitrogen-asphyxiation/>>. Acesso em: 17 fev. 2021

WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS. **FISPQ Nitrogênio Comprimido**, 2018.

YEKHALOV, V. V.; KHOBOTOVA, N. V. **Asphyxia due to reduced oxygen content Conceptual options for the development of medical science and education**, 2020.