

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL**

OSWALDO FRANCISCO MARTINS

**CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE
INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS À NR 13**

Salvador
2013

OSWALDO FRANCISCO MARTINS

**CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE
INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS À NR 13**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica de Engenharia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Alexandre Beisl Vieira de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes

Salvador
2013

M386 Martins, Oswaldo Francisco.

Contribuições ao projeto de adequação de instalações industriais à NR 13 / Oswaldo Francisco Martins. – Salvador, 2013.

270f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Alexandre Beisl Vieira de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2013.

1. Normas técnicas. 2. NR 13. 3. Processos – indústria. 4. Sustentabilidade. 5. Modelagem. I. Melo, Silvio Alexandre Beisl Vieira de. II. Fontes, Cristiano Hora de Oliveira. III. Universidade Federal da Bahia. IV. Título.

CDD: 658.5

**CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÕES
INDUSTRIAIS À NR 13**

OSWALDO FRANCISCO MARTINS

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

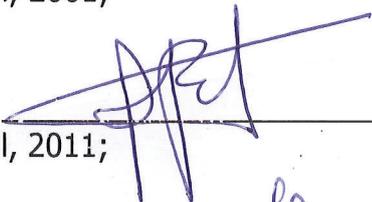
Prof. Silvio Alexandre Beisl Vieira de Melo
Doutor em Engenharia Química, Brasil, 1997;



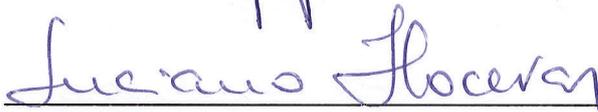
Prof. Cristiano Hora de Oliveira Fontes
Doutor em Engenharia Química, Brasil, 2001;



Prof. Anastácio Pinto Gonçalves Filho
Doutor em Engenharia Química, Brasil, 2011;



Prof. Luciano Sergio Rocevar
Doutor em Engenharia Química, Brasil, 2012.



Salvador, BA – BRASIL
13/dezembro/2013

Conforme resolução do Programa, o conjunto de orientadores teve a representação de 1 (um) único voto no parecer final da banca examinadora.

À minha esposa Bartira Leite Martins, à minha filha Lara Leite Martins e aos meus filhos Igor Leite Martins e Iuri Leite Martins pelo amor que nos une e por estarmos juntos quer na bonança ou na tempestade de nossos dias.

À minha neta Letícia Monteiro Martins pela alegria de poder vê-la crescer me chamando docemente de vovô Oswaldo e por me mostrar que a vida é eternamente bela e feita de momentos felizes como esse.

Ao meu genitor Oswaldo Evandro Carneiro Martins, em sono derradeiro desde 16 de julho de 2013, pela importância do legado cultural transmitido à minha pessoa e a todos que dele se aproximaram, permeado de nobres ideais morais e humanísticos, desprovido de vaidade, repleto de permanente ambição pelo saber de navegante de todas as literaturas, por ter sido o melhor e mais efetivo colaborador que tive na construção do meu caráter.

Ao querido sogro Waldemiro Leite de Oliveira, na mansão de Jesus desde 15 de novembro de 2005, pelo firme apoio ao projeto de vida deste genro e pela nobreza dos valores positivos que defendeu em vida – sempre pautados na verdade irretocável, na simplicidade e na solidariedade humanas, que tanto dignificam os homens de bem.

Ao querido tio Rocha – Raimundo Passos da Rocha, falecido em 12 de julho de 1988 – e à amada tia Badinha – Irene Santos Rocha, os quais exacerbaram na doação de amor a mim e aos meus irmãos nos anos seguintes à revolta brasileira de 1964, pela generosidade de nos haver proporcionado imprescindível ajuda material para que pudéssemos continuar estudando em bons colégios até nos tornarmos cidadãos de bem, contrariando os rasteiros propósitos do golpe militar impetrado contra o país e que perseguiu covardemente o nosso genitor por ter ideologia socialista.

Aos meus familiares quer vivos ou falecidos e aos muitos amigos e colegas, particularmente aqueles dos cursos de Engenharia Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA, 1976), de especialização em Engenharia de Processamento Petroquímico – CENPEQ (UFBA e Petrobras, 1976) e de Licenciatura em Matemática da Universidade Católica do Salvador (UCSAL, 1987), como também das fábricas em que labutei e das escolas superiores em que ministrei disciplinas várias, por terem me proporcionado a oportunidade do convívio humano e porque, de alguma forma, foram igualmente importantes para que eu concluísse mais esta etapa de minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À JPNOR Engenharia Ltda. pela oportunidade que me foi confiada de trabalhar em projetos industriais como engenheiro de processo junto a muitos de seus importantes clientes, onde fui inicialmente levado a elaborar projetos NR 13 de unidades fabris em operação; e, em especial, ao amigo Sérgio Costa Bastos, competente engenheiro e gerente daquela empresa, liderado e líder em vários projetos de adequação de fábricas de processo à NR 13, pelas discussões procedidas e decisões tomadas em equipe para concebermos estratégias eficazes para dar cabo às dificuldades nascidas ao longo do desenvolvimento dos projetos, gênese do meu interesse pela Norma Regulamentadora 13 e da motivação para eu desenvolver a presente dissertação.

Ao amigo Yulo Cesare Pereira Filho pela permissão que me foi consentida para eu cursar o Mestrado Profissional em Engenharia Industrial (MPEI) nos anos de 2011 e 2012, com liberação de minhas atividades laborais de coordenador de processo quando dos horários das aulas na UFBA, sem a qual eu não poderia estar concluindo esta etapa do mestrado, e pelas muitas discussões técnicas que tivemos ao longo do processo de categorização dos equipamentos da nova Unidade de Sulfato de Amônio da Fábrica de Fertilizantes da Petrobras em Laranjeiras – Sergipe, as quais culminaram na aceitação de nossos entendimentos técnicos sobre a aplicação da NR 13 pelo cliente Petrobras, representada pelos engenheiros Rubens Leite e Zita Maria Cunha de Carvalho, e pela HPD – Veolia Water Solutions & Technologie, através do Senior Project Engineer Boris Schwartz.

Pelos ensinamentos valiosos, provindos de aulas ministradas com esmero pelo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI) da UFBA e pela ajuda imprescindível advinda da Secretaria do mesmo programa, na pessoa de Tatiane dos Reis Woytysiake.

Ao orientador Prof. Dr. Silvio Alexandre Beisl Vieira de Melo pela sua disposição em prestar sua colaboração técnico-científica sobre esta dissertação, com sugestões que me permitiram melhorá-la sobremaneira, apesar de sua área de trabalho não guardar intimidade com o teor dos conhecimentos aqui tratados, o que acabou por ser decisivo para eu tomar a decisão de me candidatar no processo seletivo e, assim, poder voltar a ser aluno ingressando no PEI da UFBA.

Ao coorientador Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes pelos proveitosos ensinamentos técnico-científicos e pelas orientações competentes que me levaram a um melhor cumprimento das disciplinas do PEI, motivando-me sobremaneira para no mesmo ingressar como aluno de matrícula especial, depois ouvinte e, por último, como aluno regular do MPEI, permitindo-me poder então chegar ao último desafio desse mestrado ao final do 1º semestre – após a minha matrícula enquanto aluno regular: a defesa de dissertação.

Houve tempo em que eu considerava um homem de cinquenta anos velho. Foi preciso chegar a ela para verificar quão jovens realmente somos, nesta idade!

Eno Teodoro **Wanke** (1929 – 2001)

Todo conhecimento, pois que ao mesmo se recorre para pensar e agir, tem nisso o seu fim. Não há conhecimentos inócuos, sobre os quais não se chegasse a formular juízos. Mobilizam-se os conhecimentos em função de necessidades materiais e espirituais, e com eles se ajuíza a realidade, para satisfação do espírito, da vida, da atividade do homem.

Oswaldo Evandro Carneiro Martins (1920 – 2013)

A vaidade é um princípio de corrupção.

A primeira glória é a reparação dos erros.

Joaquim Maria **Machado de Assis** (1839 - 1908)

As dificuldades são o aço estrutural que entra na construção do caráter.

Carlos Drummond de Andrade (1902 - 1987)

Se a aparência e a essência das coisas coincidissem, a ciência seria desnecessária.

Karl Heinrich Marx (1818 – 1993)

O que nunca foi posto em questão nunca foi provado.

Denis **Diderot** (1713 – 1784)

MARTINS, Oswaldo Francisco. Contribuições ao projeto de adequação de instalações industriais à NR 13. 270 p. 2013. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

RESUMO

Este trabalho apresenta e propõe contribuições técnicas para a adequação do projeto de unidades industriais à Norma Regulamentadora 13 – NR 13 ou projeto NR 13. São apresentados marcos temporais e estatísticas de acidentes industriais que motivaram o ser humano a desenvolver e aprimorar dispositivos de segurança empregados para a prevenção de acidentes. Considerações sobre a NR 13 vigente e o texto técnico básico colocado em consulta pública recém-concluída são procedidas, como também é investigada a dependência de outras normas regulamentadoras e técnicas para a devida aplicação da NR 13. Solucionar o problema oriundo do desconhecimento inicial sobre as não conformidades à NR 13 frequentemente identificadas e corrigidas na documentação técnica de unidades perfaz o principal objetivo deste trabalho, que busca definir ou criar um método de fácil uso, que seja confiável e que possa ser empregado para ter-se uma estimativa das não conformidades da unidade. Um modelo matemático para o tempo requerido pelo projeto NR 13 é deduzido com base em variáveis de fácil obtenção, tais como o número de equipamentos mecânicos estáticos por unidade fabril e os tempos demandados por atividades pertinentes ao desenvolvimento do projeto. Dessa maneira, com o tempo requerido para elaborar o projeto NR 13, pode-se programar a atualização dos desenhos e documentos técnicos representando as instalações prontas para operar no campo, permitindo-se elaborar o projeto NR 13. Um segundo método voltado para avaliar o retorno sobre o investimento em projeto NR 13 é exposto com o fim de sinalizar ao empresário que, além da obrigação legal, o cumprimento da NR 13 pode constituir-se num negócio atrativo. Procede-se ainda a uma investigação para confirmar se o cumprimento da NR 13 está alinhado com estatísticas e indicadores de segurança relacionados a instalações nacionais. Nesse sentido, a cronologia da NR 13 é elaborada para facilitar o entendimento da evolução dessa norma e dois estudos de casos são feitos empregando estatísticas e indicadores correlatos sobre acidentes ocorridos no Brasil após vigorar a revisão de 1995 da NR 13. O caso do setor sucroalcooleiro, cujas usinas registram atrasos quanto ao cumprimento legal da NR 13, é abordado com brevidade. A análise de sensibilidade do modelo desenvolvido para estimar o tempo de projeto mostra um maior efeito das variáveis que representam o número de engenheiros seniores da equipe do projeto e das cargas de trabalho requeridas para a atualização dos documentos e desenhos técnicos da planta. A aplicação do modelo desenvolvido à uma planta petroquímica de segunda geração dos anos 70, adequada à NR 13 há cerca de dez anos, apresentou resultados satisfatórios. Contudo, a escassez de dados e informações abertas sobre projetos NR 13 concluídos em instalações brasileiras sinaliza para a necessidade de criação de um banco de dados nacional sobre este tipo de projeto com o qual se deve refinar o modelo proposto neste trabalho.

Palavras-chave: Norma Regulamentadora 13; Projeto NR 13; Sustentabilidade; Indústria de processo; Modelagem.

MARTINS, Oswaldo Francisco. Contributions to the adequacy design of industrial installations to the NR 13. 270 p. 2013. Master Dissertation – Polytechnic School, The Federal University of Bahia, 2013.

ABSTRACT

The work presents and proposes technical contributions related to the adjustment of industrial design to the Standard Regulation 13 – NR 13 or NR 13 design. Timeframes and statistics of industrial accidents that led humans to develop and improve safety devices are presented. Considerations about the NR 13 and the text placed in newly completed public consultation are proceeded and the dependence of other regulatory standards and techniques for the proper implementation of NR 13 is also discussed. To solve the problem arising from the lack of initial noncompliance with NR 13 that is frequently identified and corrected in the technical documentation of units installed, a mathematical model for the time required by the NR 13 design is deducted based on variables easily obtained, such as the number of static mechanical equipment per plant and the times demanded by relevant activities to the development of the design. To solve the problem arising from the initial knowledge about noncompliance with NR 13 frequently identified and corrected in the technical documentation of units makes up the main objective of this work, which seeks to define or create a user-friendly method that is reliable and can be used to have an estimate of number of non-compliances with respecting to the unit. A static mathematical model for the project required by the NR 13 design time is deducted based on easily obtainable variables such as the number of static mechanical equipment for plant and demanded by the demanded times to the project development activities. Thus, the time required to develop the NR 13 design may be programmed to update the technical drawings and documents representing the facilities ready to operate in the field which allows to elaborate the NR 13 design. A second approach aimed to evaluate the return on investment in a NR 13 design is exposed in order to show to the entrepreneur the potential economical attractiveness of the NR 13. Further research analyses about the closeness between the NR 13 and statistics and indicators related to the safety of national facilities. The chronology of NR 13 is presented to facilitate the understanding the alignment between the evolution of this Standard Regulation and two study cases showing statistics and indicators related to accidents in Brazil after the effective of NR 13 in 1995. The case of the sugarcane industry, whose plants recorded delays with respect to legal compliance with NR 13, is discussed briefly. The sensitivity analysis of the model developed to estimate the design time shows greater effect associated to the variables that represent the number of senior engineers and the workload required for updating the documents and technical drawings of the plant. The application of the model to a second generation petrochemical plant installed in the seventies and adjusted to the NR 13 one decade ago, presented satisfactory results. However, the small amount of data and information about NR 13 designs that were completed in Brazilian facilities suggests the need of a national database on this type of design, which will allow to refine the model proposed in this work.

Keywords: Standard Regulation NR 13; Sustainability; Process industry; Modelling.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENDI	Associação Brasileira de Ensaaios não Destrutivos e Inspeção
ABEQ	Associação Brasileira de Engenharia Química
ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
AI	Ar de instrumento
API	American Petroleum Association
AGR	Água de resfriamento
ASME	American Society of Material Engineering
CAF	Com afastamento
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CENPEQ	Curso de Engenharia de Processamento Petroquímico
CGA	Compressed Gas Association
Cgcre/INMETRO	Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO
CI	Chlorine Institute
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLP	Controlador lógico programável
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNQ	Confederação Nacional do Ramo Químico
CNTT	Comissão Nacional Tripartite Temática

COFIC	Comitê de Fomento Industrial de Camaçari
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
COPEL	Companhia Petroquímica do Sul
COTEQ	Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos
CRA	Centro de Recursos Ambientais da Bahia
CSCD	Crescimento subcrítico de descontinuidade
CTPP	Comissão Tripartite Paritária Permanente
CUT	Central Única dos Trabalhadores
DBN	<i>Debottlenecking</i> (ou “desengargalamento”)
DIESAT	Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho
DMI	Disaster Management Institute
doc. ou doc	Documento
DOU	Diário Oficial da União
DRT	Delegacia Regional do Trabalho
DS	Dispositivo de segurança
E ^{C&P}	Tipo de erro conhecido, randômico, passível de ser cometido por um ser humano
EE	Energia elétrica
eme	Equipamento mecânico estático
END	Ensaio não destrutivo
ENEGEP	Encontro Nacional de Engenharia de Produção
eng ou eng ^o	Engenheiro
EUA	Estados Unidos da América
FEB	Fase de engenharia básica
FED	Fase de engenharia de detalhamento

FD	Folha de dados
FMEA	<i>Failure mode and effect analysis</i> ou modo de falha e análise de efeito
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat e Figueiredo
GTT	Grupo Técnico Tripartite
HAZAN	<i>Hazard analysis</i> (ou análise de perigo)
HAZOP	<i>Hazard analysis and operability study</i> (ou análise de perigo e estudo de operabilidade)
HH	Homem-hora
IBP	Instituto Brasileiro do Petróleo
IBR	Inspeção baseada em risco
ICCA	International Council of Chemical Associations (ou Conselho Internacional das Associações da Indústria Química)
INI	Inspeção não intrusiva
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
IOP	Instrução operacional permanente
IPCS	International Programme on Chemical Safety
ISO	International Organization for Standardization
LD ou LDP	Lista de documentos ou lista de documentos de projeto
LOPA	<i>Layer of protection analysis</i> (ou análise das camadas de proteção)
LSAT	Líquido saturado
LSUB	Líquido subresfriado
LV	Lista de verificação
MPEI	Mestrado Profissional em Engenharia Industrial
MC	Memória de cálculo
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego

NBR	Norma brasileira
NCOND	Não condensável
NFPA	National Fire Protection Association
NR 13	Norma Regulamentadora 13
OCP	Organismo de Certificação de Produto
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PC	Projeto conceitual
PEI	Pós-Graduação em Engenharia Industrial
Petrobras	Petróleo Brasileira S. A.
PH	Profissional habilitado
PHA	<i>Process hazard analysis</i> (ou análise de perigo de processo)
P&ID	<i>Piping and instrumentation diagram</i> (ou diagrama de tubulação e instrumentação)
PI	Manômetro ou indicador de pressão
<i>Piping spec</i>	O mesmo que <i>Piping specification</i>
PMTA	Pressão máxima de trabalho admissível
PMTP	Pressão máxima de trabalho permitida (equivalente à PMTA)
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PQU	Petroquímica União
PRV	<i>Pressure relief valve</i> (ou válvula de alívio de pressão)
PSV	<i>Pressure safety valve</i> (ou válvula de segurança)
REBEQ	Revista Brasileira de Engenharia Química
RBI	<i>Risk-based inspection</i>
RD	<i>Rupture disk</i> (ou disco de ruptura)
RI	Relatório de inspeção
ROA	Relatório de Ocorrência Anormal

ROI	<i>Return on investment</i> (ou retorno sobre o investimento)
RP	<i>Recommended practice</i> (ou prática recomendada)
RPS	Relatório de Perturbação de Sistema
S	<i>Standard</i> (ou padrão)
SAF	Sem afastamento
SBAC	Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade
SDCD	Sistema digital de controle distribuído
SF	Sistema de <i>flare</i> (o mesmo que ST – sistema de tocha)
S&SO	Saúde e segurança ocupacional
SGS&SO	Sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional
Sindipolo	Sindicato dos Trabalhadores na Indústria Petroquímica
Sindiquímica	Sindicato dos Químicos e Petroquímicos do ABC
SNT	Secretaria Nacional do Trabalho
SPBR	Segurança de processo baseada em risco
SPIE	Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos
SSST/MTb	Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho
ST	Sistema de tocha (o mesmo que SF – sistema de <i>flare</i>)
STP	Sistema Tripartite Paritário
SV	<i>Safety valve</i> ou válvula de segurança
TH	Teste hidrostático
TP	Teste pneumático
UCSAL	Universidade Católica do Salvador
UFBA	Universidade Federal da Bahia
VSAT	Vapor saturado

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	Risco grave e iminente (RGI) para o trabalhador	25
Quadro 2	Prazos para a retificação de não conformidades à NR 13	27
Quadro 3	Atendimento da NR 13 frente as camadas de proteção da técnica LOPA	51
Diagrama 1	Garantia de segurança e sustentabilidade de uma unidade de processo (com a NR 13, normas de gestão sobre qualidade, saúde e segurança no trabalho e meio ambiente e normas técnicas de apoio sendo obedecidas ao mesmo tempo)	52
Quadro 10	Normas internacionais sobre válvulas de segurança	117
Fluxograma 1	Etapas do processo de produção de sulfato de amônio	123
Desenho 3	Resfriador a ar	128
Quadro 11	Prazos para a inspeção de segurança periódica em anos, a .	132
Organograma 1	Equipe mínima de implantação do projeto NR 13	147
Fluxograma 2	Interação da equipe de projeto na intranet da contratante	152
Quadro 14	Programas computacionais para equipe do projeto NR 13	154
Quadro 12	Valores para F	210
Quadro 13	Fases do fluido na entrada e na saída de válvula de segurança	216
Desenho 1	Pelo menos 1 DS por vaso de pressão	236
Desenho 2	Apenas 1 DS para 2 ou mais vasos em paralelo	237
Quadro 4	Categorização de caldeiras pela NR 13	266
Quadro 5	Grupo potencial de risco	267
Quadro 6	Classe de fluido	267
Quadro 7	Categorias de vasos de pressão pela NR 13	268
Quadro 8	Condições para aplicação e não aplicação da NR 13	269
Quadro 9	Equipamentos em que a NR 13 não deve ser aplicada	269

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Cronologia dos dispositivos de segurança	79
Tabela 2	Taxa de frequência de acidentes com trabalhadores do Complexo Industrial de Camaçari de 1997 a 2006	93
Tabela 3	Taxa de gravidade de acidentes com trabalhadores nas empresas do Complexo Industrial de Camaçari de 1997 a 2006	99
Tabela 4	Óbitos em indústrias químicas filiadas à ABIQUIM de 2001 a 2007	103

LISTA DE VARIÁVEIS

α	Probabilidade de ocorrer situação operacional de sobrepressão em equipamento mecânico estático, com $\alpha > 0$, isto é, $0 < \alpha \leq 1$
i	Índice para o cálculo do número de equipamentos mecânicos estáticos identificados e categorizados pela NR 13 relativamente ao total de equipamentos estáticos da planta, $[i] = \text{eme/eme}$
k	Relação entre o número total q de sistemas categorizáveis pela NR 13 e o número de equipamentos categorizáveis n_2 pela mesma norma, $k = \frac{q}{n_2}$, $[k] = \text{sistema/eme}$
μ	Rendimento médio esperado no trabalho por engenheiro sênior, $\mu = 80$, $[\mu] = \%$
n_0	Número de equipamentos mecânicos estáticos da planta, $[n_0] = \text{eme}$
n_1	Número de engenheiros seniores de processo na equipe de trabalho corretamente estruturada, $[n_1] = \text{eng ou eng}^\circ$
n_2	Inteiro positivo que corresponde ao número de equipamentos categorizáveis pela NR 13 por não atenderem às exigências normativas, $[n_2] = \text{eme}$
p	Produtividade média horária por engenheiro sênior no projeto, $[p] = \text{eme/h/eng}$
P	Pressão absoluta, $[P] = \text{kgf/cm}^2, \text{MPa e kPa}$
p_i	Probabilidade de ocorrer o erro humano $E^{C\&P}$ (erro conhecido e de ocorrência provável) após a ministração do i -éssimo treinamento do referido ser, $p_i \in [0,1]$

q	Quantidade de sistemas categorizáveis pela NR 13 associado ao número de equipamentos n_2 igualmente categorizáveis pela mesma norma, $[q] = \text{sistema}$
T	Temperatura, $[T] = ^\circ\text{C}, \text{K}$
T_0	Tempo para o levantamento e o ajuste da documentação a ser utilizada no projeto, $[T_0] = \text{mês}$
T_1	Tempo para ter-se a base de dados e informações do projeto pronta para ser utilizada, $[T_1] = \text{h}$
t_2	Tempo de trabalho em horas por dia – h/d – estipulado em contrato de trabalho por engenheiro sênior – eng ou eng ^o – e/ou trabalhador, $t_2 = 8,5$, $[t_2] = \text{h/d/eng}$
t_3	Tempo efetivo de trabalho em horas por dia por engenheiro, $t_3 = \mu.t_2$, $\mu = 0,80$, $[t_3] = \text{h/d/eng}$
T_4	Tempo para ter-se a base de dados e informações do projeto pronta para ser utilizada, $[T_4] = \text{d}$
t_5	Tempo médio para a elaboração do documento – doc. ou doc – MC e correspondente FD por engenheiro sênior, $[t_5] = \text{h/doc/eng}$
T_6	Tempo para a geração dos documentos MC e correspondentes FD do projeto, $[T_6] = \text{d}$
T_7	Tempo para a elaboração das fases conceitual e básica do projeto, $[T_7] = \text{mês}$
t_8	Tempo médio mensal para os dias úteis, $[t_8] = \text{d/mês}$
TFAE	Taxa de frequência de acidentes do efetivo = (número de acidentes do efetivo) $\times 10^6$ / (total de homens-horas trabalhado do efetivo)
TFAC	Taxa de frequência de acidentes do contratado = (número de acidentes do contratado) $\times 10^6$ / (total de homens-horas trabalhado do contratado)

TGAE	Taxa de gravidade de acidentes do efetivo = (total de homens-horas perdido do efetivo) x 10^6 / (total de homens-horas trabalhado do efetivo)
TGAC	Taxa de gravidade de acidentes do contratado = (total de homens-horas perdido do contratado) x 10^6 / (total de homens-horas trabalhado do contratado)
V	Volume interno de equipamento mecânico estático, [V] = l ou m^3

Contribuições ao projeto de adequação de instalações industriais à NR 13

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO	23
1.1	INTRODUÇÃO	23
1.2	MOTIVAÇÃO	33
1.3	APRECIÇÃO DA DISSERTAÇÃO	39
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ANÁLISE DA LITERATURA	43
2.1	NR 13 VERSUS MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE	45
2.2	NR 13 VERSUS ANÁLISE DAS CAMADAS DE PROTEÇÃO	50
2.3	NR 13 VERSUS INSPEÇÃO BASEADA EM RISCO	52
2.4	SEGURANÇA DE PROCESSO BASEADA EM RISCO	53
2.5	NR 13 VERSUS NORMAS DE GESTÃO	56
2.6	NR 13 VERSUS PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UNIDADE	57
2.6.1	DS e seu Efluente	76
2.6.2	Fatos e Dados que Obrigam o Uso de DS	77
2.6.3	Nascimento e Evolução da NR 13	81
2.6.4	Comentários sobre a Portaria SSST nº 23, de 27.12.1994	84
2.6.5	Sobre o Subitem 13.6.2, Alíneas a, b e c da NR 13	85
2.6.6	Limites de Tolerância na Calibração de Válvulas de Segurança	89
3	ESTUDOS DE CASOS À LUZ DA NR 13	91
3.1	O CASO BAIANO DO COMPLEXO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI	92
3.2	O CASO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS FILIADAS À ABIQUIM	101
3.3	O CASO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO	105
4	EMPREGO METODOLÓGICO DA NR 13	110
4.1	APLICAÇÃO DA NR 13	110
4.1.1	Projeto de Adequação de uma Planta Industrial Existente à NR 13	111

4.1.2	Projeto de Adequação de uma Planta Industrial Nova à NR 13	122
4.1.3	Dificuldade na Aplicação da NR 13: Situação Atípica	125
4.1.4	Deficiências ou Vacâncias Apresentadas pela NR 13	128
4.2	SISTEMA PRÓPRIO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS – SPIE	131
4.3	NR 13 VERSUS TESTE HIDROSTÁTICO	136
4.4	ANÁLISE DE PROCESSO SOB A ÓTICA DA NR 13	140
4.5	DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	145
5	FERRAMENTAS PARA O GERENCIAMENTO DO PROJETO NR 13	146
5.1	EQUIPE MÍNIMA PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO NR 13	147
5.2	FERRAMENTA PARA INTERAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO	149
5.2.1	Inspeção da Unidade em Conformidade à NR 13	149
5.2.2	Planilha I – Geral da Contratada	150
5.2.3	Planilha II – Contadores da Gerência da Contratada	150
5.2.4	Planilha III – Inspeção de Equipamentos pela Contratada	150
5.2.5	Planilha IV – Processo da Unidade pela Contratada	151
5.2.6	Planilha V – Processo e Operação da Fábrica	151
5.3	FERRAMENTAS PARA O GRUPO DO PROJETO NR 13	153
5.4	FERRAMENTAS AUXILIARES PARA O PROJETO NR 13	154
5.5	PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E TERMODINÂMICAS DE SUBSTÂNCIAS SIMPLES E DE MISTURAS	158
5.6	CÁLCULO DE VÁLVULA DE SEGURANÇA E DE DISCO DE RUPTURA	159
5.7	MODELOS PARA DOCUMENTOS FINAIS DO PROJETO NR 13	159
5.7.1	Memória de Cálculo	159
5.7.2	Folha de Dados	160
5.7.3	Modelo de Relatório para Projeto Conceitual e Lista de Verificação	160
5.7.4	Locação Segura para Efluentes de DS	160
5.8	ESPECIFICAÇÃO DO LIVRO DO PROJETO	162
5.9	ENQUADRAMENTO DE VASO DE PRESSÃO E CALDEIRA NA NR 13	162
5.10	PONTOS NEGATIVOS NA EQUIPE DO PROJETO NR 13	162
5.11	ACOMPANHAMENTO GERENCIAL DO PROJETO NR 13	163
5.12	CRITÉRIOS PARA INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVO DE SEGURANÇA NO LADO DOS TUBOS DE TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS	163

5.13	ESTIMATIVA DE TEMPO PARA A ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA PLANTA DE PROCESSO À NR 13	164
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	171
6.1	CONCLUSÕES	171
	SUGESTÕES	176
	REFERÊNCIAS	179
	APÊNDICES	195
	APÊNDICE A – Cálculo do ROI para Projeto NR 13	195
	APÊNDICE B – Cronologia da NR 13 e Legislação sobre Assuntos Relacionados à essa Norma	196
	APÊNDICE C – Erro Humano versus Treinamento: uma Breve Proposta de Modelagem de sua Relação Causa-Efeito	205
	APÊNDICE D – Dispositivos de Segurança	207
	APÊNDICE E – Dedução do Modelo Matemático do Tempo Total das Fases Conceitual e Básica	219
	APÊNDICE F – Estimativa do Tempo de Projeto para Adequar uma Planta de Processo à NR 13: Fases Conceitual e Básica .	226
	APÊNDICE G – Análise de Sensibilidade do Modelo Matemático para T_7 .	227
	APÊNDICE H – Responsabilidades e Competências Mínimas da Equipe de Projeto NR 13	228
	APÊNDICE I – Deficiências Possíveis da Equipe do Projeto NR 13	232
	APÊNDICE J – Matriz de Responsabilidades do Projeto NR 13	233
	APÊNDICE K – Crítica do Subitem 13.6.2, Alíneas a, b e c, da NR 13	234
	APÊNDICE L – Uma Breve Crítica Comum aos Anexos I-A e I-B da NR 13	258
	APÊNDICE M – Categorias dos Equipamentos Conforme a NR 13 e Domínio de Aplicação dessa Norma Regulamentadora ...	266

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

A revolução industrial no Brasil ocorreu por volta de 1930, com indústrias de menor escala que as europeias e americanas, porém apresentando acidentes no ambiente de trabalho mais frequentes e numerosos. Em 1970, o Brasil atingiu o primeiro lugar no mundo em número de acidentes, com o total de 1 222 343 acidentes/ano (PALMIERI et al, 2011, p. 12).

Quando da criação da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) em 1943, em seu artigo 164, foi estabelecida a prescrição da existência de serviços especializados em segurança nas empresas, o que somente se consolidou como obrigação através da Portaria nº 3.237 do Ministério do Trabalho, de 17 de julho de 1972, a qual integrava o Plano de Valorização do Trabalhador do Governo Federal, tornando obrigatória a existência de serviços de medicina do trabalho e engenharia de segurança do trabalho em todas as empresas com um ou mais trabalhadores. Essa portaria sofreu diversas alterações, “mas nenhuma substancial”, tendo sido revogada em 1978 pela Portaria 3.214, de 08 de junho de 1978, que criou as Normas Regulamentadoras (NRs) e estabeleceu os serviços especializados em engenharia de segurança e medicina do trabalho através da NR 4.

Na década de 70 o Brasil ultrapassou 1,5 milhão de acidentes do trabalho por ano, com pico igual a 1 920 188 em 1976 (PALMIERI et al, 2011, p. 12). Percebe-se que as NR foram criadas na década de 70 após o país registrar as piores estatísticas de acidentes industriais no mundo, com o propósito de conter e reduzir os acidentes no Brasil.

A NR 13 foi criada com base nos artigos 187 e 188 da CLT, Seção XII – Das caldeiras, fornos e recipientes de pressão, pelo Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, publicada no Diário Oficial da União (DOU), de 09 de agosto de 1943. Com redação dada pela Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, os teores dos artigos antes referidos são:

Art. 187 – As caldeiras, equipamentos e recipientes em geral que operam sob pressão deverão dispor de válvulas e outros dispositivos de segurança, que evitem seja ultrapassada a pressão interna de trabalho compatível com a sua resistência.

Parágrafo único – O ministério do Trabalho expedirá normas complementares quanto à segurança das caldeiras, fornos e recipientes sob pressão, especialmente quanto ao revestimento interno, à localização, à ventilação dos locais e outros meios de eliminação de gases e vapores prejudiciais à saúde, e demais instalações ou equipamentos necessários à execução segura das tarefas de cada empregado.

Art. 188 – As caldeiras serão periodicamente submetidas a inspeções de segurança, por engenheiro ou empresa especializada, inscritos no Ministério do Trabalho, de conformidade as instruções que, para esse fim, forem expedidas.

§1º – Toda caldeira será acompanhada de “Prontuário”, com documentação original do fabricante, abrangendo, no mínimo: especificação técnica, desenhos, detalhes, provas e testes realizados durante a fabricação e a montagem, características funcionais e a pressão máxima de trabalho permitida (PMTP), esta última indicada, em local visível, na própria caldeira.

§2º – O proprietário da caldeira deverá organizar, manter atualizado e apresentar, quando exigido pela autoridade competente, o Registro de Segurança, no qual serão anotadas, sistematicamente, as indicações das provas efetuadas, inspeções, reparos e quaisquer outras ocorrências.

§3º – Os projetos de instalação de caldeiras, fornos e recipientes sob pressão deverão ser submetidos à aprovação prévia do órgão regional competente em matéria de segurança do trabalho.

A Norma Regulamentadora 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão (NR 13) açambarca, pois, as caldeiras a vapor e os vasos de pressão. Tratam-se itens sobre esses equipamentos mecânicos estáticos – caldeiras e vasos de pressão, onde são estabelecidos todos os requisitos técnicos legais relativos à instalação, operação e manutenção desses equipamentos, de modo a se prevenir a ocorrência de acidentes do trabalho. Os artigos 187 e 188 da CLT dão a fundamentação legal, ordinária e específica, que dá embasamento jurídico à existência dessa NR.

Na realidade brasileira atual, como a técnica de inspeção baseada em risco (IBR) já se constitui em realidade presente nas principais indústrias nacionais, deve-se entender que a NR 13 tem sido empregada objetivando estabelecer requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor e vasos de pressão nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando proporcionar garantias de segurança e saúde aos trabalhadores. Em breve, após acontecer a publicação da portaria que deve legalizar

a quinta revisão da NR 13, as tubulações de interligação dos equipamentos categorizados pela mesma devem integrar o escopo.

A NR 13 vigente, decorrente da terceira revisão sofrida por essa norma (cf. Apêndice B, itens 42 e 43), destaca não conformidades que projetos de unidades instaladas podem apresentar relativamente àquela norma, que significam riscos graves e iminentes para os trabalhadores (RGI), os quais devem ser bem observados nos projetos NR 13. RGI estão colocados no Quadro 1.

Quadro 1 – Risco grave e iminente (RGI) para o trabalhador

DESCRIÇÃO DO RGI	ITEM SOBRE CALDEIRA	ITEM SOBRE VASO DE PRESSÃO
Falta de dispositivo de segurança (DS)	13.1.4	13.6.2
Instalação inadequada	13.2.5	13.7.4
Artifícios ou “gambearras”	13.3.2	13.8.2.1
Falta de operador qualificado	13.3.4	13.8.3 (categorias I e II)
Desrespeito ao projeto	13.3.12	13.8.11
Falta de inspeção	13.5.1	13.6.2

Fonte: NR 13.

A condição de RGI para o trabalhador quando detectada pelo engenheiro de segurança do trabalho ou pelo auditor fiscal do trabalho numa instalação é suficiente para que o mesmo interdite ou embargue o estabelecimento, obra ou equipamento. Embargo diz respeito à paralização de obra que apresente RGI para os trabalhadores. Na interdição, equipamentos, máquinas ou estabelecimentos são paralisados pelo auditor por apresentarem RGI para os trabalhadores. A NR 3 – Embargo ou Interdição dispõe sobre isso.

Freitas (1994) aborda condições limites em que o direito de recusa permite o trabalhador não exercer suas funções quando da existência de RGI.

Em não havendo RGI para os trabalhadores, os mesmos encontram-se seguros e condições para a ocorrência de acidentes ficam mitigadas ou inibidas. E,

dessa maneira, em não ocorrendo acidentes, prejuízos decorrentes dos mesmos deixam de existir, pois acidentes causam prejuízos para:

- a sociedade via os recursos que o INSS dispense sobre segurados acidentados;

- o próprio acidentado, que pode sofrer lesões corporais e até adquirir possível incapacidade física e sofrer abalos de ordem psicológica, podendo inclusive atingir membros da família do acidentado; e

- o empregador, que se traduz em parada de produção, abalo da moral dos empregados, despesas médicas, possível processo jurídico, pressão de sindicatos e perda de imagem da empresa perante a sociedade.

Itens, subitens e alíneas da NR 13 não atendidos pela unidade auditada são colocados em auto ou termo de infração lavrado pelo auditor. Nesses casos, com base na NR 13 e no número de empregados do estabelecimento, estabelece-se multa a ser paga pela estabelecimento auditado, conforme determina a NR 28 – Fiscalização e Penalidades.

Há itens da NR 13 em que estão prescritos tempos para que não conformidades em instalações auditadas sejam corrigidas. No Quadro 2 estão os prazos para correção de não conformidades de unidades a serem retificadas pelos proprietários das instalações. Todos os prazos referem-se à data de publicação final da terceira revisão da NR 13, qual seja 26.04.1995, a partir da qual foram tolerados até 270 d e, sendo assim, hoje as não conformidades identificadas em auditorias pela NR 13 devem obrigatoriamente ser sanadas de imediato pelo proprietário da(s) caldeira(s) a vapor e/ou vaso(s) de pressão.

A NR 13 tem força de lei e, enquanto lei, trata de itens de segurança. Como segurança equivale à prevenção de acidentes, tem-se – por transitividade – que a NR 13 é uma lei direcionada à prevenção de acidentes.

Deve-se entender que a NR 13 deve ser aplicada a uma instalação para categorizar caldeiras e vasos de pressão, após serem devidamente enquadrados pela mesma. Ter uma unidade atendido a todos os itens da NR 13 equivale a ter-se todos os itens de uma lista de verificação (LV) para o projeto NR 13 sem conter não conformidade alguma.

Quadro 2 – Prazos para a retificação de não conformidades à NR 13 quando de sua publicação no DOU, de 26.04.2014

ITEM, SUBITEM, ALÍNEA	PRAZO, dias (d)	CALDEIRA/ VASO DE PRESSÃO	AÇÃO DO PROPRIETÁRIO DA UNIDADE
13.1.4	180	Caldeira a vapor	Adequação de manômetros, válvulas de segurança, sistemas de controle de nível, etc.
13.1.5	90	Caldeira a vapor	Adequação de placas de identificação e pintura ou colocação de placas adicionais
13.1.6	120	Caldeira a vapor	Adequação de prontuário de caldeira e documentação complementar
13.1.9	90	Caldeira a vapor	Classificação das caldeiras em função do volume e pressão
13.2	180	Caldeira a vapor	Adequação das instalações aos requisitos mínimos da norma
13.3.1	180	Caldeira a vapor	Adequação dos manuais de operação
13.3.4 e 13.3.10	90	Caldeira a vapor	Adequação do treinamento de novos operadores
13.4.5	90	Caldeira a vapor	Implantação de plano de manutenção preventiva em sistemas de controle de segurança
13.5	De imediato	Caldeira a vapor	Considerar para início de contagem a data da última inspeção periódica/extraordinária
13.6.1	120	Vasos de pressão	Classificação dos vasos de pressão
13.6.2	270	Vasos de pressão	Adequação de manômetros, válvulas de segurança, etc.
13.6.3 e 13.6.3.1	180	Vasos de pressão	Adequação de placas de identificação e pintura ou instalação de placa suplementar com a categoria
13.6.4.a	180	Vasos de pressão	Adequação da documentação

13.6.4.c	180	Vasos de pressão	Elaboração do projeto de instalação
13.7	180	Vasos de pressão	Adequação das instalações
13.8.1	180	Vasos de pressão	Adequação dos manuais de operação
13.8.3	180	Vasos de pressão	Treinamento de operadores novos
13.9.5	120	Vasos de pressão	Implantação de plano de manutenção preventiva de sistemas de controle de segurança
13.10	De imediato	Vasos de pressão	Considerar para início a data da última inspeção periódica ou teste hidrostático

Fonte: DOU, de 26/04/1995.

Não é suficiente uma caldeira a vapor ou um vaso de pressão ter sido projetado por código de projeto (exigência explícita, cf. subitem 13.1.6, para caldeiras a vapor, e subitem 13.6.3, alínea f, para vasos de pressão), mas fazem-se necessárias ainda as condições de operação em que o equipamento deve operar, as quais devem ser obrigatoriamente reavaliadas segundo às exigências da NR 13 para que se proceda a recategorização dos mesmos, podendo as categorias originais serem modificadas ou os equipamentos não mais se enquadrarem na NR 13.

Em ocorrendo qualquer das possibilidades citadas antes com algum(ns) equipamento(s), todos os documentos e desenhos técnicos de projeto do(s) mesmo(s) e seus acessórios e instrumentos devem ser atualizados, devendo ainda esse(s) equipamento(s) ser(em) caracterizado(s) como caldeira(s) a vapor e/ou vaso(s) de pressão para que a NR 13 possa ser aplicada de fato (e isso perfaz uma exigência tácita, não colocada em item algum da referida norma, que desobriga o cumprimento da NR 13 por qualquer equipamento descaracterizado de sua função original para nova aplicação, como, por exemplo, o emprego de um vaso de pressão já categorizado pela NR 13 para desempenhar a função operacional de tanque atmosférico com *vent.* Nesse caso, todo vaso que se enquadrar em aplicação

específica de tanque deve perder a sua categoria e sua etiqueta de identificação deve também ser alterada, bem como todos os seus documentos e desenhos técnicos que perfazem o seu projeto original devem ser atualizados, já que a função operacional do equipamento no processo em que está inserido passa a ser a de tanque atmosférico, à qual a NR 13 não se aplica).

Toda caldeira a vapor ou qualquer vaso de pressão que se afastar das condições previstas no projeto original deverá ter seu projetado revisado e passar novamente pelos procedimentos de segurança que a NR 13 exige para instalação, operação, manutenção e operação (cf. item 13.3.12 para caldeira e 13.8.11 para vaso de pressão). O não cumprimento do exposto anterior constitui RGI.

Como na data atual todos os prazos encontram-se vencidos, hoje qualquer não conformidade identificada quer pelo PH, engenheiro de segurança da unidade ou auditor do MTE deve ser imediatamente sanada, corrigida.

O anexo III não tem título algum dado pelos elaboradores da NR 13. Para aquele anexo pode ser atribuído o título Anexo III – Dos condicionantes para a aplicação e a não aplicação da NR 13 a equipamentos mecânicos estáticos.

No Anexo IV – Classificação de vasos de pressão, guarda uma enorme dificuldade de aplicação em seu subitem 1.1.1, pois requer o emprego de um critério adicional para ter-se a escolha do componente mais crítico da mistura, uma vez que 3 aspectos corroboram para a criticidade envolvida ali: a inflamabilidade, a toxicidade e a concentração. Fica, portanto, para o profissional habilitado (PH) decidir sobre fazer isso.

Este trabalho está essencialmente referido à revisão de 1994 da NR 13, republicada em 1995 (cf. Apêndice B, itens 42 e 43) e em sua redação em 2013, pois houve uma ligeira revisão em 2008 dessa norma, sem contudo alterá-la substancialmente, tendo os seguintes dez itens principais – 13.1 a 13.5 versando sobre caldeiras a vapor e 13.6 a 13.10 cobrindo vasos de pressão – e mais cinco anexos, quais sejam I-A, I-B, II, III e IV (CURIA, CÉSPEDES, NICOLETTI, 2013, p. 261-277). Os dez itens supra referidos são:

“13.1. Caldeiras a vapor – disposições gerais”;

“13.2. Instalação de caldeiras a vapor”;

“13.3. Segurança na operação de caldeiras”;

“13.4. Segurança na manutenção de caldeiras”;

- “13.5. Inspeção de segurança de caldeiras”;
- “13.6. Vasos de pressão – disposições gerais”;
- “13.7. Instalação de vasos de pressão”;
- “13.8. Segurança na operação de vasos de pressão”;
- “13.9. Segurança na manutenção de vasos de pressão”; e
- “13.10. Inspeção de segurança de vasos de pressão”.

Os anexos da NR 13 referem-se aos programas de treinamento de segurança, à certificação de sistema próprio de inspeção de equipamentos (SPIE), às aplicações obrigatórias da NR 13, à categorização de vasos de pressão. São os seguintes:

“Anexo I-A – Currículo mínimo para “treinamento de segurança na operação de caldeiras”;

“Anexo I-B – Currículo mínimo para “treinamento de segurança na operação de unidades de processo””;

“Anexo II – Requisitos para certificação de “serviço próprio de inspeção de equipamentos””;

“Anexo III” – (sem título); e

“Anexo IV – Classificação de vasos de pressão”.

Em 2013, conforme está mostrado no Apêndice B (cf. itens 59 e 60), foram realizadas duas consultas técnicas incorporando propostas de revisão daquela norma. Atualmente, ainda se espera pela portaria do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) que deve aprovar a nova revisão da NR 13. É provável que isso aconteça em 2013 ou 2014. À guia de informação, as três principais mudanças a serem “implementadas” no corpo da NR 13 devem compreender (BRASIL, 2013):

– a desobrigação de se executar teste hidrostático (TH) como parte de inspeção de segurança periódica ou inicial;

– a reformulação de situações descritas que acarretem em condição de risco grave e iminente (RGI); e

– a inserção novíssima de inspeção de tubulações conectadas a caldeiras a vapor e vasos de pressão.

Em decorrência da redefinição primeira supracitada estima-se atingir uma economia de cerca de 1 bilhão de reais por ano para as atividades de produção que hoje são afetadas pela NR 13 (MARQUES, 2013, p. 2199). Tem-se aqui a mera substituição do TH por técnicas de ensaios não destrutivos (END) que têm sido

aprimoradas nos últimos anos graças ao desenvolvimento tecnológico nacional e mundial, portanto assegurando que o emprego das novas técnicas também garantam não haver perda alguma de segurança intrínseca das unidades e equipamentos em que a NR 13 tem sido aplicada.

Enquanto norma regulamentadora, a NR 13 objetiva prevenir a ocorrência de danos à saúde e à segurança do trabalhador, obrigando as unidades que empregam caldeiras a vapor e vasos de pressão a garantirem a existência de um profissional habilitado (PH) como responsável pela(s) unidade(s) em que caldeira(s) a vapor e/ou vaso(s) de pressão é(são) utilizado(s), dessa forma garantindo a correta instalação do(s) equipamento(s), com acesso físico seguro do ser humano ao(s) mesmo(s), o correto emprego de dispositivo(s) de segurança no(s) equipamento(s) categorizado(s) pela norma e o atendimento da manutenção ao(s) mesmo(s), o controle de qualidade de reparo(s), a plena disponibilização da documentação necessária à operação e ao acompanhamento da(s) vida(s) útil(eis) do(s) referido(s) equipamentos(s), com permissão liberada aos trabalhadores e órgãos de fiscalização sobre a dita documentação.

O PH deve estar atento à realização de treinamento(s) para os técnicos de operação em conformidade aos anexos I-A e I-B da NR 13. Compete ao PH realizar a categorização do(s) equipamento(s) nos moldes exigidos pela norma, além de atentar pelo fiel cumprimento dos prazos e premissas do(s) equipamento(s) mecânico(s) estático(s) categorizado(s) pela NR 13, considerando a existência legal ou a vacância de SPIE.

Dos itens da NR 13 vigente em que o RGI está explicitado (cf. Quadro 1), tem-se que a proposta de revisão da NR 13 posta em consulta pública em 2013 prescreve a incidência de RGI em tão somente seis dos itens dessa norma, os quais estão relacionados com:

- o emprego dos dispositivos de segurança contra a sobrepressão;
- o treinamento de operadores;
- o atraso na inspeção de caldeiras; e
- a operação de caldeira a vapor e/ou de vaso de pressão quando a(s) continuidade(s) operacional(ais) do(s) mesmo(s) esteja(m) contraindicada(s) após ter(em) sofrido inspeção(ões) de segurança formal(ais).

Marques (2013, p. 2200) expõe as razões que suportam a inclusão das tubulações ligadas diretamente aos equipamentos enquadrados na NR 13 na proposta de texto técnico dessa norma que esteve em consulta pública em 2014:

As estatísticas nacionais e internacionais vêm apontando as falhas de tubulações em serviço como a causa principal da maioria dos grandes e graves acidentes com plantas industriais em operação, [...].

A CNTT NR 13, [...], estabeleceu uma proposta com requisitos normativos legais mínimos necessários para a elaboração e execução de planos de inspeção de tubulações. Sua elaboração se deu tomando como base as práticas já adotadas por boa parte da indústria.

Essa proposta abrange as tubulações ligadas diretamente a equipamentos enquadrados na NR 13, prevendo prazos limites entre inspeções equivalentes aos determinados para estes.

O impacto nos custos de manutenção com os trechos de tubulação oriundos da aprovação da inspeção planejada, a qual se utiliza de prazos limites entre inspeções equivalentes ao que ora se determina para os equipamentos – caldeiras a vapor e vasos de pressão, é muito baixo relativamente aos prejuízos e perdas em decorrência de acidentes envolvendo caldeiras e vasos de pressão.

A proposta de revisão da NR 13 empresta uma nova conformação ao texto normativo, a qual se traduz como positiva quanto aos aspectos técnicos e econômicos atrelados à redução dos custos diretos do processo de inspeção e ao decréscimo de custos indiretos inerentes à própria inspeção – atividade que é burocraticamente exercida pelas empresas responsáveis pelos equipamentos mecânicos estáticos categorizados pela NR 13 (MARQUES, 2013, p. 2199).

Comparando-se a revisão da NR 13 de 1994 com a atual proposta de revisão, os 123 itens atuais (CURIA; CÉSPEDES; NICOLETTI, 2013, p. 261-277) – excluídos aqueles inseridos nos cinco anexos – são incrementados para 201 itens, conforme constam no texto técnico básico para revisão da citada norma (Portaria SIT nº 368, de 18.04.2013, p. 1-22). Parte considerável do aumento dos itens advém do glossário de termos técnicos, que apresenta sessenta e cinco itens, e de alguns itens que antes constavam apenas em anexos da vigente NR 13, os quais desapareceram nesta revisão. Também itens diferentes sobre caldeira a vapor e vasos de pressão foram unidos em um somente, reduzindo-se sua quantidade para a metade na proposta de revisão então abordada. O título foi modificado para incluir

a extensão da NR 13 às tubulações e um glossário – inexistente na norma vigente – deve integrar a comentada norma em sua revisão, o que deve facilitar o processo de consulta e agilizar seu emprego por técnicos e engenheiros.

Os cinco anexos (I-A, I-B, II, III e IV) hoje vigentes na NR 13 devem estar reduzidos a apenas dois em breve, se aprovada a consulta técnica em estágio de apreciação de sugestões pelos diversos colaboradores. É provável que sejam aprovados os novos anexos propostos para a próxima revisão dessa norma:

- Anexo I – Capacitação de Pessoal; e
- Anexo II – Requisitos para Certificação de Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos – SPIE.

1.2 MOTIVAÇÃO

Estudar mais a NR 13 e entender a razão de desvios entre o planejado e o realizado que se verificam na fase conceitual do projeto de adequação de uma unidade industrial existente à NR 13 (ou simplesmente projeto NR 13, que é a expressão de uso comum na ambiência fabril) é motivação suficiente para realizar o presente trabalho. Na fase conceitual do projeto NR 13 erros são frequentes e acontecem na definição do escopo desse projeto, onde se observam considerações incorretas sobre o total de não conformidades da unidade relativamente à NR 13 e ao conseqüente tempo total planejado para realizar as atividades elencadas no referido escopo. A experiência de campo de empresas de engenharia de projetos tem registrado erros típicos de planejamento em projetos NR 13 desenvolvidos para petroquímicas de segunda geração no Complexo Industrial de Camaçari ao longo de vários anos da década passada.

A adequação das instalações ainda em operação à NR 13 (fábricas com tempo de vida na faixa de 1 a 4 décadas) evidenciam a existência de dificuldades para as equipes de projeto. Merecem um maior destaque as colocações que se seguem:

- a) Os projetos não são frequentemente completados nos tempos acordados contratualmente entre as partes contratante (o cliente) e contratada (a prestadora dos serviços através de equipes técnicas de projeto) e, conforme posto aqui, há projeto feito em tempo muito

inferior ao que é previamente combinado. Porém atrasos acontecem sem que as equipes compreendam suas causas fundamentais;

- b) Apesar de serem perfeitamente conhecidos os objetivos que os projetos devem alcançar, constata-se perda de celeridade no desenvolvimento dos mesmos, quase sempre realizados manualmente, com pouca disponibilidade de recursos apropriados à especificidade conformada e quase sempre restritos à disponibilidade apenas das normas API vigentes (API RP 520, API RP 521 e API S 526) e do manual do engenheiro químico (PERRY; CHILTON, 1973), revelando-se para os atores executantes das atividades a não disponibilidade de suficiente e/ou recomendável literatura técnica;
- c) A inexistência de documentos específicos para as tarefas concernentes a este tipo de projeto, aí ressaltando-se a falta de ferramentas computacionais adequadas, devidamente legalizadas para o emprego pela projetista ou empresa de engenharia de projetos contratada, tais como aplicativos de processo para cálculo de propriedades físicas e termodinâmicas de fluidos e suas misturas, de taxas de troca de calor entre fluidos com o ambiente, de propriedades de materiais isolantes, de programas computacionais para cálculo de linhas e equipamentos e seus acessórios (inclusive de dispositivos de segurança), de volumes internos e de áreas externas de equipamentos mecânicos estáticos, com e sem isolante térmico, programas para gerenciamento de projeto em rede apresentando a possibilidade de multiuso pelos atores do projeto – pertencentes à contratada e à contratante;
- d) A falta de conhecimento e a não disponibilidade de documentos técnicos de apoio para a aplicação da NR 13, onde se incluem as normas técnicas universalizadas e reveladas por Vecchi (2009), os vários procedimentos específicos de uso corriqueiro por empresas de larga capacitação técnica – exclusivamente por contratados atuando em seus sítios de produção;
- e) Quando das requeridas participações no projeto envolvendo profissionais da contratante e da contratada nas disciplinas que estão presentes nas atividades – onde se incluem como áreas mais relevantes as de processo, manutenção, operação e segurança da

planta a ser posta em compatibilidade com a NR 13 – não estão claramente descritas em suas responsabilidades e competências e/ou não previstas em contrato para tal, causam-se dificuldades ou até tem-se a impossibilidade fazer-se a composição da matriz de responsabilidade do projeto;

- f) A presença de integrantes nas equipes apresentando vários tipos de carências em técnicas que são específicas e importantes para o bom desempenho no âmbito do projeto, as quais perfazem desde o desconhecimento da NR 13 até problemas de inadequado comportamento humano no desempenho das funções técnicas. Isso valendo tanto para com a contratada como para a contratante porque compromete o sucesso esperado para a atuação conjunta de técnicos e engenheiros, fato que deve ser contornado por imediata ação gerencial do líder ou gerente do projeto via a realização de treinamento àqueles membros sobre a NR 13 e a maneira correta dos mesmos portarem-se perante o grupo da contratada, da contratante e os objetivos do projeto, enfatizando-se as obrigações de cada um para que se atinja o rendimento esperado no desenvolvimento das atividades planejadas. As carências supracitadas frequentemente implicam em atrasos no desenvolvimento do projeto (devendo-se acrescentar que a terceirização reinante nas contratadas tem acarretado a desagregação das equipes ao término dos projetos, não se permitindo às contratadas ou às empreiteiras preservar o corpo técnico, que frequentemente migra ao término de cada projeto para outras empresas. Dessa forma, buscam dar continuidade às suas atividades laborais em novos projetos através de outros contratos de serviço, que nem sempre têm a ver com as atividades ora tratadas aqui, pois a mão de obra a que se está referindo é normalmente contratada como pessoa jurídica e, ao contrário do que acontece com a pessoa física, não pode se dar ao luxo de esperar por nova oportunidade de trabalho na empreiteira que está deixando ou se desligando por terem sido interrompidas suas atividades, o que decorre do fato de deixar de faturar); e

g) Atrasos decorrentes da falta de atendimento de solicitações da contratada ao contratante, principalmente no que se refere ao fornecimento de informações sobre a documentação de processo, de dados técnicos e desenhos dos equipamentos mecânicos estáticos, de folha de dados de equipamentos e de acessórios, de relatórios de inspeção (RI), de situações anormais de operação sofridas pela unidade e que devem afetar especificações técnicas dos equipamentos, dentre tantas outras possibilidades.

Projetos de implantação da NR 13 em unidades petroquímicas de segunda geração mostram-se reveladores de lacunas no que tange à disponibilidade de ferramentas técnico-gerenciais especificamente requeridas para esse tipo de atividade, além da necessidade do correto entendimento dessa espécie de projeto no contexto da importância da sustentabilidade da indústria. Essa observação é frequente em ambiências de engenharia de projeto, mas essa revelação não se concretiza na literatura publicada, sendo isso sabido daquelas empresas internamente, pelo menos, até agora. Tome-se como exemplo para o Brasil a abordagem sobre “Saúde, ambiente e desenvolvimento no Brasil” (FREITAS; PORTO, 2006, p. 81-109), além da exigência de demonstração de que não é simplesmente um projeto do tipo compulsório ou obrigatório apenas para atendimento à legislação vigente, mas que se conforma tipicamente como um projeto técnico, com provável retorno econômico sinalizando uma atratividade econômica que o viabiliza. Para tanto, veja-se no Apêndice A uma proposta de modelo matemático para cálculo do retorno sobre o investimento (ROI), cuja demonstração está explanada e posta ali na forma de planilha Excel, com fórmulas explicitadas, para uma planta petroquímica de segunda geração.

Uma estimativa para o ROI pode ser realizada com a simples e plausível hipótese de ocorrência de lucro cessante em decorrência de danos oriundos de sobrepressão operacional em equipamento mecânico estático ou, de modo mais drástico, para o acontecimento de catástrofe, como foi o conhecido e triste evento do vazamento da fábrica da Union Carbide, em Bhopal, onde ocorreram 2.500 óbitos imediatos (FREITAS, 2000, p. 38).

Da implantação da NR 13 decorre a segurança de caldeira(s) a vapor e/ou vaso(s) de pressão da unidade fabril, a prevenção de danos contra os ativos da fábrica, o ser humano, as comunidades próximas à indústria e o meio ambiente.

Rigorosamente, conforme afirma Skelton (1997, p. 1), o tipo de projeto ora abordado caracteriza-se como de *loss prevention* ou prevenção de perda. Skelton (1997, p. 5) conclui que a segurança absoluta não se pode garantir, mas que todos devem perceber que têm o dever legal e moral de buscá-la, “muitas vezes para garantir a segurança das operações em que estão envolvidos, deve ser então possível para garantir que os riscos sejam mantidos tanto baixos quanto razoavelmente praticáveis” (tradução nossa).

Entenda-se aqui por DS o elemento mecânico do sistema protegido que inibe a elevação do diferencial de pressão entre as paredes dos sistemas de líquido e de vapor em caldeiras e vasos de pressão. Equipamentos dinâmicos como bombas e compressões também empregam DS, mas a esses equipamentos não se aplica a NR 13. Devem ainda ser entendidos como equipamentos mecânicos estáticos aqueles que podem ou são categorizados pela NR 13.

Todo DS é responsável por aliviar o fluido, com segurança, para uma destinação projetada, a qual pode alinhar o efluente do DS para atmosfera quando isso não caracterizar uma situação de risco ou, em situação oposta, deve prever um sistema de coleta – normalmente fechado para o meio ambiente – para receber o fluido aliviado.

É sabido das práticas dos técnicos e engenheiros que, no dia a dia de projeto das empresas de engenharia que realizam projetos de adequação de unidades industriais à NR 13, dentre as dificuldades que um projeto desse tipo apresenta, estão incluídas a falta de:

- ferramentas adequadas para o controle de pendências e de realização de serviços diários pelos membros da equipe;
- padrões para documentos de projeto – folha de dados (FD), memória de cálculo (MC), projeto conceitual (PC), LV, que são exclusivos para os tipos de especificidades apresentadas e que devem, ao término das atividades, compor o livro ou pasta do projeto; e
- documento específico para apresentação a auditores do MTE onde constem a apreciação e a escolha de cada cenário de recomendação (tecido sobre cada sistema colocado em análise) para instalar novo dispositivo de segurança (DS) ou contenha a justificativa para não instalar um DS em equipamento onde não há dispositivo de segurança algum instalado. Vale salientar que DS precisam ser projetados em estrita conformidade às normas de projeto, atendendo toda a

documentação técnica que os inclui no empreendimento, o mesmo valendo para as suas instalações nas unidades e respectivas manutenções, sob pena de serem considerados como dispositivos de segurança inexistentes.

Constatam-se fatos sobre carências relativas ao projeto NR 13, principalmente na ambiência das empresas prestadoras de serviços de engenharia de projeto, por vezes forçando-as a declinarem de contratos para a realização de projetos NR 13, o que se constitui em motivação sobremaneira para a realização deste trabalho. Dentre os fatos relevantes estão:

- o desconhecimento do tempo requerido para realizar o projeto NR 13 de uma unidade fabril instalada e operante, sendo isso impeditivo para a confecção do escopo do referido projeto;

- a ausência de análise de ROI, apesar do ROI integrar o estudo de viabilidade técnico-econômica (EVTE) e, provavelmente, significar o item mais monitorado pelo empresário ao longo das fases de qualquer projeto e ao término do empreendimento – no momento de liberação da unidade para entrar em operação;

- o desconhecimento de fatos e dados sobre ganhos de segurança alcançados por instalações que foram adequadas à NR 13, os quais devem suportar ética e moralmente a plena observância e cumprimento dessa norma;

- a falta de conhecimento sobre o como fazer para adequar uma unidade existente e operante à NR 13, já que essa norma não revela isso nem garante em si se a sua mera aplicação deve implicar em proteger-se os equipamentos mecânicos estáticos que a aplicação tenha açambarcado e/ou se se fazem necessários mecanismos e documentos outros para a NR 13 poder ser de fato aplicada com sucesso; e

- a necessidade de crítica sobre a norma em foco com respeito aos seus componentes, à sua estrutura, a detalhes em seus itens, subitens e alíneas sob o ponto de vista da correção do conteúdo técnico e de sua facilidade de aplicação por técnicos de inspeção e por profissionais habilitados (PHs).

Sem dúvida, a maior motivação para o presente trabalho repousa no desafio de estimar-se o tempo a ser empreendido para a elaboração do projeto de adequação de uma unidade industrial existente à NR 13. Trata-se, pois, de lacuna existente na literatura aberta sobre projeto NR 13. Para a eliminação dessa vacância, sabem-se de 2 problemas requerendo enfrentamento: a provável constatação de que a documentação técnica de plantas existentes com décadas de

operação encontrar-se frequentemente desatualizada e seus documentos técnicos, por conseguinte, requerendo correções para que representem de modo factual a unidade e, dessa maneira, permitindo-se que o projeto NR 13 aconteça. O segundo e mais interessante problema diz respeito à necessidade de definir-se ou criar-se um método de fácil uso, que seja confiável e que possa ser empregado para ter-se uma estimativa das não conformidades da unidade, as quais devem ser contempladas no projeto NR 13, permitindo-se definir o escopo do dito projeto.

1.3 APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho abarca um conjunto lógico de tópicos para que um bom projeto seja feito no sentido de adequar uma indústria com equipamentos mecânicos estáticos à NR 13. Apresenta-se aqui, por conseguinte, um caminho bem definido para que o projeto seja “implementado” eficazmente em qualquer indústria nova e/ou em projeto ou em planta instalada em que projeto NR 13 algum tenha sido desenvolvido e aplicado. Nele são sugeridas ferramentas computacionais auxiliares para a facilitação dos trabalhos dos técnicos e engenheiros, as quais são muito simples de serem manuseadas. Especificamente, a NR 13 e as normas da API atreladas aos dispositivos de segurança são consideradas e manipuladas corretamente para lograr-se sucesso nos pontos ou etapas onde são utilizadas no desenvolvimento da presente dissertação.

O presente trabalho começa apresentando a cronologia sucinta da invenção dos dispositivos de segurança (DS) na França, na Inglaterra e nos Estados Unidos da América (EUA). Em seguida, relata a história sucinta da NR 13 e seu emprego efetivo a partir da primeira revisão acontecida em 1994.

Observando indicadores estatísticos sobre acidentes industriais produzidos pelo Comitê de Fomento Industrial de Camaçari (COFIC) – taxa de frequência de acidentes e taxa de gravidade de acidentes com trabalhadores do Complexo Industrial de Camaçari (cf. Tabela 3 e Tabela 3) – e o número de óbitos em indústrias filiadas à Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) (cf. Tabela 4), constatam-se a existência de associação e a sintonia daqueles valores com o período de vigência efetiva da NR 13 então iniciado. Conformam-se, pois, dois casos evidenciadores de sucesso devidos ao emprego da NR 13, sendo o primeiro de âmbito estadual e o outro, nacional. Saliente-se, entanto, a não

observância da influência de outros fatores benéficos relativamente a programas de segurança industrial que foram implantados no país paralelamente aos anos da vigência analisada da NR 13, cuja investigação se mostra complexa e foge ao objetivo maior deste trabalho. Aqui estão uma apreciação crítica da NR 13 e uma exposição de ferramentas computacionais facilitadoras para o desenvolvimento do projeto de adequação de uma planta industrial ou de seus equipamentos mecânicos estáticos à NR 13 ou, no caso mais simples, de um vaso de pressão ou de uma caldeira a vapor à dita norma. Aborda-se, com brevidade, o setor sucroalcooleiro, onde o cumprimento da NR 13 apresenta defasagem com relação a outros setores da indústria nacional, estando com os processos de adequação das usinas à essa norma atrasados.

Um modelo para o cálculo do ROI para um projeto NR 13 é desenvolvido para mostrar que fazer o projeto NR 13 é uma obrigação legal, compulsória, mas que tem a possibilidade de informar ao empresário a existência de provável atratividade em seus negócios.

Faz-se a dedução de um modelo matemático para estimar o tempo total de um projeto NR 13, de sorte a viabilizar o planejamento de sua fase conceitual, permitindo-se calcular a mão de obra requerida para o desenvolvimento desse projeto, bem como ter-se o custo de investimento a ser passado para a contratante. Sem a determinação desse tempo, os projetos NR 13 só podem ocorrer através de estimativas de tempo a partir de projetos já realizados, provocando erros, que tanto podem ser favoráveis à contratada ou à contratante, de modo excludente. Trata-se de vacância verificada na literatura técnica sobre este tipo de projeto, que tem por objetivo adequar a unidade industrial à NR 13, devendo-se identificar primeiramente as não conformidades e, a partir daí, fazer-se efetivamente o projeto NR 13.

Necessita-se ter a documentação técnica da planta atualizada com respeito ao que está de fato instalado e opera no campo. Dessa forma, unidade antiga, mas ainda em operação, deve passar, portanto, por um árduo trabalho de levantamento de não conformidades presentes na documentação técnica e de constatação de não conformidades em todos os equipamentos das instalações que o projeto cobrir. Essa tarefa pode durar meses para ser realizada. Assim, o modelo proposto emprega o levantamento dessas não conformidades a partir de uma amostra de equipamentos que possa representar o conjunto deles e, por conseguinte, seja significativo para estimar as não conformidades à NR 13

presentes na planta inteira. Pode-se então ter uma boa estimativa do que deve ser feito no projeto, devendo-se continuar o levantamento de campo após firmado o contrato de serviços para tal. O valor do contrato deve ser atualizado à proporção que o levantamento de campo é feito e a documentação de projeto atualizada.

O modelo deduzido foi aplicado a uma planta petroquímica de segunda geração com resultado satisfatório. Também, procede-se neste trabalho uma análise de sensibilidade desse modelo para identificar a que variáveis independentes o mesmo é mais sensível.

Da experiência provinda de projetos de adequação de plantas de processo à NR 13 por empresas de engenharia de projetos, ainda não disponibilizada na literatura técnica aberta, aborda-se aqui o cálculo de válvulas de segurança seguindo o método da API somente com o intuito de registrar a simplicidade desse método. Na verdade, a praxe atual é não perder-se tempo com isso e passar a usar os aplicativos que são disponibilizados por fornecedores de válvulas de segurança, discos de ruptura, etc., pois os modernos programas computacionais já geram as folhas de dados e memórias de cálculo, alguns deles podendo gerar arquivos eletrônicos em mais de um idioma, o que é útil quando da necessidade de cotação de preços junto a fornecedores no mercado exterior.

Uma crítica sobre os programas de treinamentos em operação de caldeiras a vapor e vasos de pressão, equipamentos regidos pelas normas técnicas NBR 12177-1, NBR 12177-2, NBR 13203, NBR 13598 e NBR 15417 – Anexo I-A e Anexo I-B da NR 13, é apresentada neste trabalho.

Este trabalho limita-se a usar essencialmente a NR 13 e as *API recommended practice 520* (API RP 520), *API recommended practice 521* (API RP 521) e *API standard 526* (API S 526). Portanto, comparação alguma com outras normas é procedida aqui. Em decorrência da restrição acima, uma comparação com projetos similares, baseados em outras normas tais como Compressed Gas Association (CGA), Chlorine Institute (CI), National Fire Protection Association (NFPA) e a Occupational Safety and Health Administration (OSHA), relativamente às normas API RP 520 e API RP 521 ficaram à parte esperando por uma abordagem mais extensa, num prolongamento futuro deste trabalho. Entretanto, citam-se trabalhos que investigam a existência de vacâncias na NR 13 com respeito aos elementos fundamentais dessa norma para um possível uso como ferramenta de gestão, relativamente às normas de gestão com plena aceitação universalizada,

abrangendo as normas sobre qualidade, saúde e segurança ocupacional e meio ambiente.

Com base em projetos NR 13 feitos por empresas de engenharia de projetos em unidades petroquímicas e químicas instaladas no Complexo Industrial de Camaçari, recomendam-se a concepção de planilhas em Excel para que permitam os integrantes da equipe de projeto e os responsáveis pela empresa contratante desse tipo de projeto interagirem para melhor desempenharem suas funções ao longo do curso do projeto. São, pois, ferramentas computacionais simples para serem utilizadas por contratados e contratantes quando das atividades técnicas e gerenciais empreendidas no projeto de adequação de uma unidade industrial à NR 13. Essas ferramentas não estão mostradas, indicadas ou sequer sugeridas por aquela norma. É sabido que, também, na NR 13 não existe a sequência de atividades a ser “implementada” garantindo o sucesso do planejamento do projeto em foco.

Fazer o enquadramento compulsório de uma planta industrial à NR 13 exige esforços em atividades de planejamento de engenheiros e técnicos, os quais precisam ter as atividades laborais concatenadas para poderem realizar um projeto correto e a custo mínimo ou, pelo menos, aceitável pelo cliente ou proprietário da unidade fabril. O outro vetor de balizamento para o projeto diz respeito a realizar o projeto NR 13 minimizando o tempo requerido, não se restringindo o custo extra que isso signifique. Nesse caso, admite-se aumentar o número de integrantes da equipe de projeto, aumentar o número de horas por dia trabalhadas para a mesma equipe, etc. e a perda de economicidade na realização do projeto pode ser compensada por vantagens externas ao mesmo, como a antecipação da partida da unidade, evitando-se lucro cessante maior que o incrementado no custo de investimento do projeto, por exemplo. Custo de investimento ótimo depende de um bom planejamento para o completo projeto NR 13.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E ANÁLISE DA LITERATURA

Melhorar o desenvolvimento de um projeto para adequação de uma fábrica à NR 13 exige uma maior compreensão desse tipo de trabalho em todas as suas fases, ou melhor, desde a definição do escopo do dito até a finalização ou a entrega formal do livro – este sendo composto de todos os documentos concluídos e devidamente aceitos pelo cliente – pela contratada. Para tanto, faz-se necessário abraçar-se todas as atividades de projeto desde o fase conceitual até a fase executiva ou restringir-se às fases de engenharia conceitual e básica, pois na maioria das vezes a empresa que faz o detalhamento e a montagem executiva não é a mesma que desenvolve os projetos conceitual e básico em plantas já instaladas. Em projetos feitos em unidades novas, a contratada, normalmente sob licença da proprietária da tecnologia, desenvolve todas as fases do projeto quando o contrato reza a entrega da unidade ou planta nova em operação.

O exercício da atividade de projeto no âmbito da NR 13 passa a ser facilitado com este trabalho que disponibiliza as informações necessárias para estimar-se o tempo demandado para as fases conceitual e básica, a partir do que se pode então definir o escopo das atividades e o correlato cronograma de execução para as mesmas, com base numa composição mínima da equipe de trabalho e de ferramentas mínimas requeridas para a execução do projeto NR 13. Isso é devido ao fato de se esboçar todo o projeto a ser desenvolvido, o que permite mostrar à equipe de trabalho todas as atividades a serem realizadas, devendo-se culminar deterministicamente no livro do projeto NR 13: o produto final dos serviços da contratada.

Dificuldades podem ser discutidas na fase de definição do escopo e recursos humanos, logísticos e computacionais devem ser assegurados. Busca-se ter uma significativa esperança de acertos, os quais devem assegurar a continuidade da elaboração do projeto durante todo tempo planejado para isso, mesmo que algum dos integrantes venha a ser desligado da equipe de projeto por alguma razão. Ressalte-se que na fase de definição do projeto, a participação do cliente no desenrolar do mesmo constitui-se de capital importância, devendo ser oficialmente consolidada essa participação através de contrato.

A adequação de uma planta industrial à NR 13 não se justifica unicamente pela obviedade de que esse projeto deva ser tratado meramente como uma compulsória obrigação do empresariado. Prospecta-se nesse trabalho um caminho tecnicamente aceitável para estimar o provável ROI requerido para o projeto NR 13. Para tanto, apoia-se esse trabalho em caso extremo de ocorrência de acidente por não cumprimento da NR 13, entendendo-se que uma planta guarda a possibilidade de ser destruída por completo. Nessa forma de especulação ora posta, o custo de investimento para um projeto de adequação de instalações à NR 13 deve estar compreendido entre 0 e 100 % do valor das instalações – pelo menos, se os danos correspondem tão somente à parcela de perdas materiais do ativo acidentado. Contudo, registros históricos da literatura técnica contemplam eventos intempestivos que culminaram em mega-acidentes (FREITAS, 2000; LLORY, 1999), deveras catastróficos, em que escapes de materiais poluidores, venenosos, sumamente perigosos, ocorreram, tendo a extensão dos prejuízos advindos de tamanhos sinistros ultrapassado o valor patrimonial dos ativos da indústria ou unidade sinistrada.

Inserir uma nova visão na apreciação global do projeto de adequação de uma unidade fabril à NR 13 equivale a dar um caráter científico ao que hoje se aceita dogmaticamente como uma verdade absoluta.

São várias as terminologias relacionadas a projeto para assegurar sustentabilidade ao empreendimento, afirmam contundentemente Beloff, Lines e Tanzil (2005, p. 163-197): ecologia industrial, projeto ambiental, projeto do ciclo vital, química verde, engenharia verde e processos químicos seguros.

O foco principal do projeto deve legar o termo técnico para situar o campo açambarcado pelo mesmo. Compete àqueles que mais dominam as áreas em que os projetos se instauram, ou seja, aos químicos, cientistas de materiais e engenheiros normalmente titularem e/ou enquadrarem os projetos de sustentabilidade dentro da área de conhecimento mais apropriada ao escopo do empreendimento que se considere.

A eliminação ou a redução significativa de perigos do processo situa-se singularmente no projeto que dimensiona e instala a(s) devida(s) proteção(ões) e alinhamentos via tubulações para cada equipamento mecânico estático contra possibilidades de subpressão ou sobrepressão operacional, atenuando, mitigando ou zerando a probabilidade de eventos danosos tais como explosões e/ou

vazamentos de produtos inflamáveis e tóxicos, cujos escapes certamente devem provocar agressão e contaminação do meio ambiente.

A importância do PI em equipamento sob pressão positiva pode ser melhor compreendida com a análise do acidente de Bhopal na fábrica da Union Carbide em 3 de dezembro de 1984, por especialistas, quando demonstra-se que a falta de confiabilidade na leitura da pressão (muito alta) nos tanques de isocianato de metila com PI remoto – situado na sala de controle da planta – constitui-se no segundo fator de falha determinante para a ocorrência daquela catástrofe. O fator anterior é o esquecimento de colocação de uma raquete em uma linha de água, o que permite, em última instância, o retorno de água até os tanques de isocianato de metila, meio em que se dão reações químicas exotérmicas, elevando a temperatura até 200 °C, tendo a pressão subido de 2 até 26 bar sob intensa geração de vapores tóxicos, que acabam por escapar para o meio ambiente através de uma torre lavadora (*scrubber*) que se encontrava parada, em manutenção. Forma-se uma nuvem tóxica na atmosfera que se dirige para Bhopal e é responsável, como dano principal, pela morte imediata de 2.500 seres humanos (LLORY, 1999, p. 117-168).

É sabido que após o acidente de Bhopal, a indenização pelos danos ao meio ambiente, pelas vidas humanas ceifadas e pelos sobreviventes com sequelas, praticamente inviabilizou a Union Carbide, que acabou por ser vendida a Dow Chemical, que ora luta em tribunais tentando sanear o enorme passivo adquirido.

O projeto compulsório de adequação da planta de processo à NR 13 calha-se perfeitamente à terminologia processos químicos seguros, mas pode também ser designada, à guisa de exercício, por processos industriais protegidos. Essa terminologia depende, obviamente, da riqueza vocabular e da capacidade criativa do cientista, do técnico ou do engenheiro envolvido com isso.

2.1 NR 13 VERSUS MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Só se deve empregar proteção para sistemas devidamente projetados para operarem com segurança e que sejam plenamente dominados em seus comportamentos sujeitos às variações de pressão possíveis, caso contrário não se pode garantir que os dispositivos de segurança utilizados proporcionarão, de fato, a requerida eficácia para realizarem as funções para as quais tenham sido projetados. Estando o sistema conhecido e seguro, o que equivale a ter-se o conhecimento e o

controle do comportamento das variáveis que o representam, é esperado que deva mostrar-se confiável, mas passível de sofrer ocorrências de falhas segundo modelos probabilísticos plenamente dominados, suficientes para gerarem faixas de variação para as variáveis calculadas pelos mesmos, sendo esses modelos perfeitamente consagrados e aceitos pelos empresários desde quando os projetos de *Reliability, Availability, Maintainability and Safety* (RAMS) das unidades sejam elaborados para verificarem-se os fatores de utilização garantidos pela tecnologia do processo (ALMEIDA, 2011, p. 17) que define muito bem a técnica RAMS:

Consiste na aplicação de um conjunto de conceitos de engenharia, métodos e técnicas estabelecidas ao longo do ciclo de vida da unidade industrial. O objetivo final é a maximização da produtividade e do lucro e a redução de riscos de avaria e acidente bem como dos custos.

Variações grandes são prováveis de ocorrer nas variáveis de processo, com as quais podem atingir valores muito além ou aquém dos valores previstos para o funcionamento do processo. Proteções e intertravamentos de segurança devem proteger o sistema ou a unidade em que perturbação aconteça, isso não se devendo a confiabilidade operacional do(s) processo(s) afetado(s). Diz-se que há confiabilidade e que as falhas que ocorrem são previsíveis e, desde que se conheçam as distribuições de probabilidades que as regem e os valores prováveis que as variáveis podem atingir, devem ser antecipadamente consideradas quando da elaboração das programações de produção das unidades. Uma vez que os equipamentos e seus acessórios e instrumentos podem ter seus índices de falhas modificados em função de ocorrências operacionais e/ou de manutenção ou mesmo devidas ao aparecimento de falhas intempestivas ou decorrentes de esgotamento de suas vidas úteis, monitoram-se tais equipamentos, acessórios e instrumentos com o objetivo de ter-se a cada período de inspeção uma avaliação da confiabilidade apresentada. Daí tomam-se decisões de intervenção de manutenção para inibir ou mesmo corrigir quaisquer desvios detectados, mitigando-se a chance de quebra de qualquer uma das partes que integram o sistema, o equipamento ou os acessórios e instrumentos. A intervenção para manutenção do equipamento, acessório ou instrumento fica dependente da confiabilidade que os mesmos apresentam. Tem-se aí a manutenção centrada em confiabilidade (MCC).

Planos de parada demandados por fábricas objetivam atender a legislação vigente (SILVA, 2008, p. 83) justo onde se insere a NR 13, assegurando-se assim a realização da manutenção preventiva dos equipamentos categorizados pela citada norma regulamentadora. Tem-se, assim, que planos de manutenção se apoiam no sentido do cumprimento da NR 13.

Estudos de MCC se alicerçam em levantamentos de todas as paradas (programadas e decorrentes de falhas nos equipamentos), tendo os fatos e dados sobre as mesmas buscados no conjunto dos Relatórios de Ocorrências Anormais de operação (ROA operacionais), nos Relatórios de Perturbação de Sistemas de operação (RPS operacionais), nos livros de ocorrências registradas conforme às exigências da NR 13, nos livros de relatórios operacionais de turno, nos relatórios de inspeção de equipamentos dentre outros mais importantes registros confiáveis e disponibilizados pelo ativo apreciado (SILVA, 2008, p. 100). Vê-se, pois, que o atendimento da NR 13 pelos equipamentos mecânicos estáticos e que são, pela mesma, categorizados, se presta como fonte de dados e informações para a realização da MCC dos ditos equipamentos e sistemas esquemáticos de processo integrados por eles.

A MCC relaciona-se à minimização dos custos de operação das unidades onde essa técnica é posta em prática (SILVA, 2008, p. 53):

A MCC enfatiza, em sua análise e aplicação, as funções dos equipamentos e sistemas e realiza uma criteriosa avaliação das consequências das falhas para a segurança, meio ambiente e para a produção, visando obter o máximo de benefício com relação aos custos operacionais.

A citação anterior deixa implícita a busca pela inibição de acidente, do que se infere a proteção dos equipamentos e a consequente preservação dos mesmos, fato que se atrela à decorrente mitigação da possibilidade de ocorrência de danos aos equipamentos estáticos e, conseqüentemente, à inibição de agressões ao ser humano e ao meio ambiente. Tudo isso se alinha perfeitamente à preservação do negócio em que os equipamentos estáticos (caldeiras e vasos de pressão categorizados pela NR 13) são empregados, ensejando refletir e admitir tratar-se de desejada convergência para a tácita garantia da sustentabilidade do negócio ou do estabelecimento que faz uso dos mesmos.

Silva (2008, p. 132) ressalta que a definição dos tempos de inspeção dos equipamentos é legalmente formalizada pela NR 13 para empresas que disponham do SPIE, conforme o Anexo II da NR 13 – Requisitos para certificação de “serviço próprio de inspeção de equipamentos”. O SPIE referido por Silva consiste no atendimento pleno aos requisitos do Anexo II da NR 13, que são:

- a) existência de pessoal próprio da empresa onde estão instalados caldeira ou vaso de pressão, com dedicação exclusiva a atividades de inspeção, avaliação de integridade e vida residual, com formação, qualificação e treinamento compatíveis com a atividade proposta de preservação da segurança;
- b) mão de obra contratada para ensaios não destrutivos certificada segundo regulamentação vigente e para outros serviços de caráter eventual, selecionada e avaliada segundo critérios semelhantes ao utilizado para a mão de obra própria;
- c) serviço de inspeção de equipamentos proposto possuir um responsável pelo seu gerenciamento formalmente designado para esta função;
- d) existência de pelo menos 1 (um) “Profissional habilitado”, conforme definido no subitem 13.1.2;
- e) existência de condições para manutenção e arquivo técnico atualizado, necessário ao atendimento desta NR, assim como mecanismos para distribuição de informações quando requeridas;
- f) existência de procedimentos escritos para as principais atividades executadas;
- g) existência de aparelhagem condizente com a execução das atividades propostas.

O “Profissional Habilitado” para caldeira e vaso de pressão referido no requisito “d” deve ser um engenheiro mecânico (para lidar com “atividades de elaboração, projeto, fabricação, montagem, instalação, inspeção, reparos e manutenção de geradores de vapor, vasos sob pressão, em especial caldeiras e redes de vapor”), conforme a Decisão Normativa do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) nº 045, de 16 de dezembro de 1992. Exclusivamente para caldeira e projetos de casa de caldeira, a Decisão Normativa CONFEA nº 029, de 27 de maio de 1988, permite engenheiro naval ser “Profissional Habilitado” juntamente com engenheiro mecânico, como também permite engenheiro civil, “com atribuições do Art. 28 do Decreto Federal nº 23.569/33, desde que tenham cursado as disciplinas “Termodinâmica e suas aplicações” e “Transferência de calor” ou outras com denominações distintas mas que sejam consideradas equivalentes por força de seu conteúdo programático”. Os itens 39 e 41 do Apêndice B referem-se às decisões normativas supracitadas.

A Portaria do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) n° 349, de 26 de novembro de 2009, estabelece o Regulamento Técnico da Qualidade para SPIE; e a Portaria IMETRO n° 351, de 26 de novembro de 2009, os Requisitos de Avaliação da Conformidade para SPIE (cf. Apêndice B, itens 54 e 55).

Santos, Gazini e Pinto (2005, p. 8-11) embasam-se na no Anexo I da Portaria n° 16/2001 e detalham os requisitos do sistema SPIE. Um importante detalhe apontado, que deve impor credibilidade a sistemas de gestão empresarial, diz respeito à análise crítica que “a alta administração deve periodicamente fazer” sobre os “resultados alcançados pelo SPIE” (SANTOS; GAZINI; PINTO, 2005, p. 10).

Quadrado e Beuren (2005, p. 15) demonstram ser vantajosa a implantação do SPIE tomando por base a Petrobras/UM-BSOL, onde observam-se ganhos para a empresa em decorrência de melhores qualidade e capacidade de avaliação de equipamentos. Constaram dois resultados relevantes em 2004, quais sejam:

- economia anual média duas vezes maior que o custo total do SPIE, no qual foi incluído o lucro cessante atrelado às paradas dos equipamentos; e
- obtenção de ganhos indiretos em função de melhor segurança dos equipamentos, daí resultando ganhos financeiros para o negócio.

Morais (2003) enfatiza que a certificação de SPIE, além do ganho econômico que proporciona à empresa, constitui-se em programa amplo de prevenção de acidentes. Isso decorre do fato de ao SPIE estarem definidas atividades inerentes à inspeção de equipamentos, que, por sua vez, devem estar associadas a medidas preventivas de segurança. Conclui ainda que empresas que associam o SPIE aos programas de prevenção de acidentes têm “mais facilidade na sua manutenção pela racionalização de atividades, facilidade de acompanhamento das ações e controle das recomendações”. Por fim, Moraes recomenda envolver o pessoal ligado à segurança industrial ao SPIE objetivando, dessa maneira, garantir-se uma maior efetividade sobre o controle de redução de riscos de acidentes quando do cumprimento dos programas de inspeção de equipamentos.

Em resumo, a certificação de SPIE por uma unidade industrial deve proporcionar economia através da “redução dos custos de parada, pela dilatação dos intervalos entre inspeção dos prazos da NR 13”, “redução dos custos de manutenção associados à inspeção (instalação de andaimes, limpeza, entre outros)”, “redução de custos operacionais, pela prorrogação da campanha, devidos

aos maiores prazos permitidos pela NR 13”, “aumento da produtividade da atividade de inspeção, por poder contar com um número maior de equipamentos (vasos de pressão e caldeiras) para intervenção”; e, também, tem-se a possibilidade de “maior integração da inspeção com a manutenção” (MORAIS, 2003, p. 1).

2.2 NR 13 VERSUS ANÁLISE DAS CAMADAS DE PROTEÇÃO

Fraquezas ou imperfeições ou vacâncias na NR 13 acontecem com respeito às oito camadas de proteção da técnica *Layer of protection analysis* – LOPA (ou Análise das camadas de proteção) quando da aplicação dessa norma à tecnologia supercrítica (operação unitária para a separação de componentes específicos de misturas com o emprego de fluidos em condições supercríticas, isto é, em processo sob elevada pressão, o que exige o emprego de vasos de pressão capazes de suportar altas pressões).

Acidentes com equipamentos sob operação supercrítica têm sido observados – mesmo tendo os ditos cumprido o atendimento às exigências da NR 13 (SOARES, 2010, p. 56).

Soares (2010, p. 7) apresenta uma metodologia de comparação da NR 13 com outras técnicas de segurança que visam a eliminação ou a mitigação de riscos. Nela, Soares resumiu o que se segue:

que a Norma NR 13 fornece um bom nível de segurança, pois, através da leitura crítica, pode-se identificar cinco camadas de proteção em sua estrutura. Entretanto, quando se refere aos processos de extração supercrítica é necessário que se faça uma complementação desta Norma com outros documentos. Somente assim, as oito camadas de proteção preconizadas pela técnica LOPA são atendidas, aumentando de forma considerável o nível de segurança deste tipo de instalação industrial.

Pelo trecho antes citado, tem-se que Soares responde negativamente, por conseguinte, a pergunta por ele mesmo formulada em sua dissertação, qual seja: “a Norma NR 13 é suficiente para realmente evitar acidentes envolvendo vasos de pressão numa instalação supercrítica?” (SOARES, 2010, p. 56).

Após investigar as várias técnicas existentes para fazer uma apreciação da NR 13 quanto à possibilidade ou não de uso no enfrentamento de ocorrência de

acidentes com equipamentos supercríticos, Soares (2010, p. 58) conclui ser a técnica LOPA a mais adequada para o propósito de seu estudo. Trata-se de conclusão inédita do estudo de Soares, a qual está resumida no Quadro 3.

Por conseguinte, apenas cinco camadas de proteção são, de fato, atendidas pela NR 13 e para sistemas supercríticos não se pode garantir a segurança do sistema pela aplicação da NR 13, fazendo-se, pois, necessário empregar a técnica LOPA para equipamentos e sistemas supercríticos – além da NR 13.

Fica evidenciado que a NR 13, apesar de ter o seu cumprimento obrigatório, não é suficiente para garantir a proteção exigida por um sistema supercrítico, devendo as camadas 4, 6 e 8 da técnica LOPA (cf. Quadro 3) complementarem a proteção que se precisa para evitar acidentes com equipamentos que operam a pressões criticamente elevadas.

Quadro 3 – Atendimento da NR 13 frente às camadas de proteção da técnica LOPA

Nº	CAMADA	NR 13	LOPA
1	Projeto do equipamento	Sim	Sim
2	Controle básico de processo	Sim	Sim
3	Alarmes críticos	Sim	Sim
4	Funções instrumentadas de segurança	Vacante	Sim
5	Dispositivos de alívio	Sim	Sim
6	Barreiras de contenção	Vacante	Sim
7	Respostas de emergência da planta	Sim	Sim
8	Respostas de emergência da comunidade	Vacante	Sim

Fonte: (SOARES, 2010, p. 58).

Legenda: Sim – significa proteção atendida.

Como ponto positivo em seu estudo, Soares (2010, p. 66) identifica que a NR 13 atende a 5 das 8 camadas de proteção exigidas pela técnica LOPA, quais sejam: “escolha do melhor *design* e *layout* do equipamento; controle básico de

processos; alarmes críticos; dispositivos de alívio de pressão; e planos de emergência da planta.”

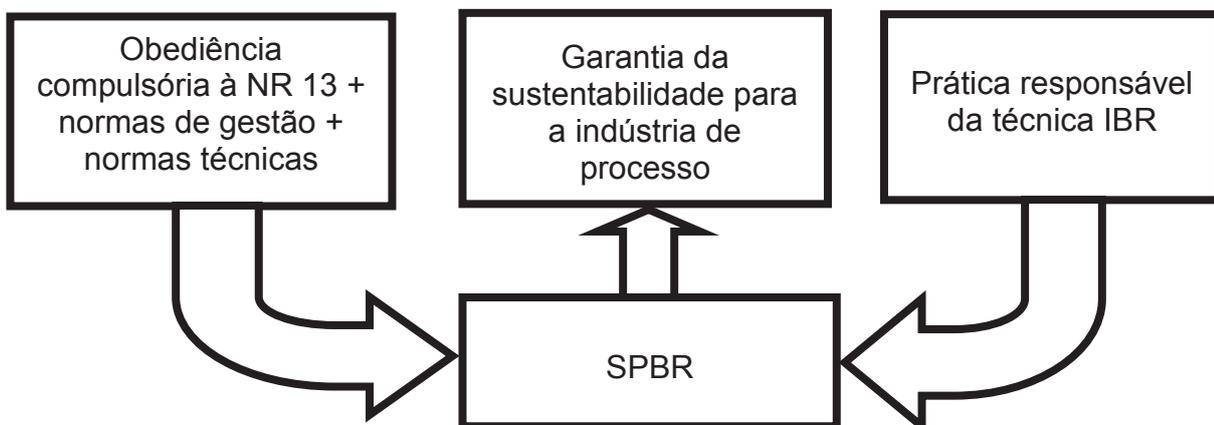
2.3 NR 13 VERSUS INSPEÇÃO BASEADA EM RISCO

A seguir está o Diagrama 1 – Garantia de segurança e sustentabilidade de uma unidade de processo, que ilustra a implantação da NR 13 e da técnica IBR, dando-se basicamente a prática da segurança de processo baseada em risco (SPBR) e a óbvia consequência de garantir a proteção da unidade, assim protegida, contra indesejáveis sobrepressões operacionais, convergindo-se, em última e maior instância, para a desejada garantia da sustentabilidade objetivada para planta industrial de processo.

Aborda-se, com brevidade, a SPBR no subitem 2.4.

De modo ilustrativo, podem-se observar no Diagrama 1 as contribuições das normas técnicas e de gestão e da IBR para a consecução da sustentabilidade da indústria de processo.

Diagrama 1 – Garantia de segurança e sustentabilidade de uma unidade de processo (com a NR 13, normas de gestão sobre qualidade, saúde e segurança no trabalho e meio ambiente e normas técnicas de apoio sendo obedecidas ao mesmo tempo)



É vasta a literatura composta por artigos técnicos apresentados em eventos sobre equipamentos e técnicas de inspeção relacionados à NR 13 (ECKSTEIN; HAEMMERLE; RTTER, 2005; ECKSTEIN; JATKOSKI; ETTER, 2000a,

2002b; ESTEVES; LIMA, 2012a, 2012b, 2012c, 2013; FONTES; ALVES, 2005; FREIRE; ILDEFONSA, 1995; JONAS, 2009; MOTA, 2002; OHLWEILER, 2010; PASSOS, 2010; PEREIRA FILHO, 2005; SAMPAIO, 2009; SANTOS, 2002; TISCHUK, 2002).

Passos (2010, p. 18), provavelmente embasado em experiências com planos de inspeção de equipamentos em indústrias, sintetiza seu entendimento a despeito de vantagens técnicas e contábeis para a manutenção ao cumprir a NR 13. Para isso, Passos entende que ter o plano de inspeção da unidade contemplando os equipamentos mecânicos estáticos categorizados pela NR 13, com o emprego da técnica IBR, garante-se otimizar o custo-benefício para uma avaliação completa dos equipamentos e ao tempo em que a NR 13 é cumprida.

Para chegar ao entendimento da possibilidade de otimizar o custo-benefício supracitado e atender a NR 13 simultaneamente, Passos (2010) realiza um estudo de caso baseando-se na norma API 581 – Risk-Based Inspection Base Resource Document. Uma unidade de processo petroquímico, com um ROI igual a 20 anos, é tomada por base para a determinação dos planos de inspeção, adotando como objetivo proporcionar maior confiabilidade, maior disponibilidade e segurança operacionais àquela planta e, por conseguinte, aos seus equipamentos mecânicos estáticos e ao sistema de produção ali estudado. Para tanto, adota-se o critério de escolha da melhor relação custo-benefício (custo de inspeção versus benefício do risco) ao tempo que a NR 13 foi plenamente atendida.

O programa computacional API-RBI em sua versão 8.03 é utilizado por Passos (2010) para realizar os cálculos demandados no controle de mecanismos de danos atrelados a consequências que têm a ver com a falha que contempla a perda de contenção, objetivando atingir maiores patamares de confiabilidade, disponibilidade e segurança operacionais dos equipamentos e dos sistemas produtivos daquela unidade petroquímica, além de identificar a relação ótima de custo-benefício confrontando o custo de inspeção com o benefício do risco, ao tempo em que a NR 13 é atendida plenamente.

2.4 SEGURANÇA DE PROCESSO BASEADA EM RISCO

A SPBR está alicerçada em quatro pilares, perfeitamente lógicos e que precisam acontecer paralelamente, de modo continuado nas empresas de processo

(CCPS, 2007, p. 19-36): no compromisso com a segurança de processo; no entendimento de perigos e riscos; no gerenciamento de risco; e no aprendizado decorrente de experiência.

De acordo com a mesma referência anterior, as fábricas precisam focar nos nove elementos a seguir para gerenciar riscos:

– procedimentos de operação: desenvolver procedimentos escritos que:

a) descrevam como partir, operar e parar os processos de modo seguro;

b) registrem igualmente os outros modos de operação aplicáveis; e

c) forneçam instruções escritas que os operadores possam executar quando da ocorrência de condições desajustadas e inseguras no processo;

– práticas seguras: estabelecer um grupo de trabalho ou uma comitiva para tratar, no trabalho, de estratégias de segurança, procedimentos, permissões para controlar o trabalho da manutenção e qualquer outra atividade não rotineira;

– integridade da unidade e dos sistemas de segurança (confiabilidade): executar atividades de trabalho para assegurar que equipamentos sejam fabricados e instalados em conformidade com as especificações técnicas requeridas, de modo que os mesmos mantenham-se perfeitos ou sem apresentar falhas durante todo o ciclo de suas vidas;

– gerenciamento de contratadas (empreiteiras): através do gerenciamento dos fornecedores e da avaliação da performance do trabalho dos mesmos, assegurar que os riscos associados sejam aceitáveis e garantir, pois, que as empreiteiras não estejam expostas a perigos desconhecidos ou envolvidas com atividades que apresentem riscos intoleráveis ou desconhecidos;

– garantia de desempenho e treinamento: ministrar treinamento e conduzir atividades relacionadas aos mesmos para assegurar que o comportamento dos trabalhadores seja confiável em todos os níveis da organização;

– controle de mudanças: reconhecer e administrar mudanças;

– facilidade das operações: manter a performance dos trabalhadores em nível muito alto, principalmente dos operadores industriais, do pessoal de manutenção e outras pessoas, cujas ações afetem diretamente a segurança de processo;

– controle de operações: garantir que as unidades industriais e os operadores estejam preparados para as partidas da planta; e

– controle de emergência: assegurar o processo continuado de preparação para emergências e a sua condução.

Os sistemas de gerenciamento para cada um dos elementos mostrados antes está baseado no entendimento da empresa de que o risco está associado aos perigos com os quais os operadores interagem. E mais, a taxa na qual os processos, as instalações ou os produtos variam (atendendo demandas de ocasião), enquanto a cultura de segurança de processo na fábrica e dentro da empresa pode também influenciar o escopo e a flexibilidade do sistema de gerenciamento requerido para pôr em prática cada elemento da SPBR.

A aplicação ampla do risco pode ser entendida conjuntamente ao conhecimento dos meios de demanda e da cultura de segurança de processo como uma facilidade para criar, corrigir e melhorar os sistemas de gerenciamento da empresa de processo.

A faixa de considerações específicas para o desenvolvimento dos sistemas de gerenciamento exige esforços para desenvolver, “implementar” e manter sistemas efetivos para administrar o risco. Nesse sentido, ideais são colocadas frequentemente pelas equipes adequadamente treinadas e preparadas para melhorar o desempenho e a eficiência, mensurar caminhos trilhados e rever periodicamente os resultados e identificar melhoramentos necessários sobre os sistemas de gerenciamento que suportam os compromissos para com a segurança de processo.

Crítica sobre o gerenciamento de risco é sempre bem-vinda porque é através dela que se dá a oportunidade para a empresa avaliar seu funcionamento e, dessa forma, empreender ações de correção antes que ocorram eventos com perdas, que possam derivar de insuficiente conhecimento dos perigos e, antes de perder o entendimento de risco, com o qual tem funcionado há bastante tempo e que é difícil de perceber-se.

Todo ponto fraco por ventura revelado na revisão do gerenciamento de risco deve ser adequadamente resolvido, superado. Trata-se, pois, de um processo continuado e que deve ser sempre melhorado para que o número de riscos tenda a zero, ou seja, para manter-se a continuidade operacional da planta conforme previsto no planejamento – anual, por exemplo – de produção da indústria.

2.5 NR 13 VERSUS NORMAS DE GESTÃO

A NR 13, como acontece igualmente para as demais NRs, está associada ao conceito de prevenção de acidentes, que é essencial aos sistemas de gestão, uma vez que essa norma é relativa à segurança.

Reduzir os níveis de acidentes e de doenças relacionadas com o trabalho tem sido uma preocupação dos empresários, que percebem isso significar ganhos econômicos, além de razões éticas e legais com que se deparam quando da ocorrência de acidentes. É por isso que têm implantado e “implementado” sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional (SGS&SO). Assim, buscam reduzir custos de suas empresas ao tempo que asseguram uma imagem responsável para com seus colaboradores e demais partes interessados em seus negócios, o que se deve entender decerto como benéfico à eficiência dos seus negócios (CERQUEIRA, 2012, p. 128).

O bom desempenho de saúde e segurança ocupacional (S&SO) é, pois, dependente de gestão eficaz. Para isso acontecer fazem-se necessários mecanismos que assegurem a identificação, a avaliação e o controle dos perigos e riscos relacionados com o trabalho. A NR 13, por seu lado, não é adequada para apoiar as múltiplas e complexas ações de gestão porque limita-se tão só a dispor sobre as diretrizes para construção, operação, manutenção, inspeção e supervisão de caldeiras e vasos de pressão. Isso significa que a NR 13 não atende plenamente aos requisitos encontrados em normas de gestão nem dispõe de elementos técnicos que auxiliem o seu emprego. Por isso, a mesma precisa contar com regulamentos técnicos de apoio (VECCHI, 2009) e com normas técnicas sobre sistemas de gestão relativos à qualidade, à saúde e à segurança do trabalhador e à preservação do meio ambiente (requisitos tais encontrados nas normas ISO 9001, ISO 14001, ISO 18001, OHSAS 18001 e 18002 e no guia ILO-OSH-2001) para ter-se sua aplicação voltada para a sustentabilidade da indústria de processo em que equipamentos mecânicos estáticos estão categorizados pela NR 13 (SOUSA, 2008).

Em se comparando a NR 13 com uma típica norma de gestão, verifica-se que a mesma não foi concebida com a estrutura de uma norma de gestão, ao contrário do que Reis (2009, p. 66-67) revela para a OHSAS 18001:

A OHSAS 18001 foi concebida de forma compartilhada em seus princípios comuns aos sistemas de gestão da qualidade ISO 9001:2000 e gestão ambiental ISO 14001:1996, tornando-a compatível com as referidas normas, caso a organização deseje um sistema integrado de gestão, possibilitando assim, aumentar seu leque de certificações ou desenvolver um sistema integrado entre estas certificações.

Reis (2009, p. 67-69, apud CERQUEIRA, 2006) comprovou a equivalência entre as normas traçando um paralelismo item a item para revelar os princípios estruturais das mesmas, constatando, por exemplo, que a estrutura da ISO 9001:1994 foi, de fato, atendida pela norma ISO 14001:1996 e pela OHSAS 18001 (tão só o Anexo A da ISO 14001:1996 não está atendido na OHSAS 18001, mas está coberto pela OHSAS 18002).

Não se conhece projeto algum que tenha como objetivo transformar a NR 13 numa norma de gestão para suportar os objetivos de SGS&SO, devendo-se empregá-la com o apoio de normas e regulamentos técnicos em empresas, devendo a organização ainda contar com o emprego de norma de gestão de SGS&SO.

Complementar a NR 13 incorporando à mesma elementos de normas de gestão e de normas e regulamentos técnicos que permitam o seu pleno emprego em uma organização com SGS&SO não perfaz o propósito desta dissertação e, também, não se coaduna com os propósitos dessa norma. Portanto, essa pretensão não deve perfazer desafio algum para qualquer estudo acadêmico futuro sobre essa norma.

2.6 NR 13 VERSUS PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UNIDADE

Quando da definição de um projeto NR 13 devem ficar asseguradas informações e dados pelo contratante dos serviços a serem supridos à contratada através dos técnicos pertencentes à operação da unidade e daqueles atuantes na engenharia de acompanhamento do correspondente processo, os quais têm pleno conhecimento e absoluto domínio da unidade industrial, onde se inclui o histórico das variáveis de operação da planta em seus vários modos de operação. Com a garantia dessa colaboração do cliente via seus quadros de operação e de processo e da disponibilização das informações do departamento de documentação técnica sobre a unidade fabril, facilitam-se a obtenção dos documentos originais de projeto e

o acesso aos desenhos de processo da unidade, bem como, aos desenhos dos equipamentos mecânicos estáticos, aos manuais de processo e de operação da unidade, além de se permitirem conhecer dados e informações sobre as propriedades físico-químicas de fluidos fornecidos por terceiros dentre outras tantas informações e tudo mais que se mostre realmente necessário ao longo do curso do desenvolvimento do projeto. Fica, pois, assegurado o fornecimento de dados e informações imprescindíveis ao bom desenvolvimento de um projeto de adequação de uma planta industrial à NR 13.

A qualquer momento do curso de um projeto NR 13, o cliente pode ter uma visão do mesmo, pode tecer comentários pertinentes e, inclusive, proceder alterações, com relativa facilidade, no curso previamente traçado para o desenvolvimento desse projeto. Dessa forma, deve-se defender o estabelecimento de plena transparência nas ações empreendidas pelos projetistas para dar ao cliente elementos capazes de serem transformados em credibilidade factual sobre o empreendimento. Projetistas, por sua vez, devem ser entendidos como a equipe da contratada (empreiteira), cuja composição mínima compreende um gerente (engenheiro sênior), dois engenheiros (um sênior e um pleno), um projetista, um desenhista “cadista” e um inspetor de equipamentos.

De tudo que compõe um projeto NR 13, o estabelecimento dos cenários para a instalação de novos dispositivos de segurança por engenheiro(s) de processo é de capital importância. Se algum erro for cometido nessa análise, certamente alguma hipótese falsa pode ser utilizada, dela podendo decorrer um ou mais erros no projeto. Deve ser alertado a todo projetista, no entanto, que esse tipo de projeto, especialmente nos primeiros três meses, em unidades industriais com centenas ou mesmo milhares de equipamentos mecânicos estáticos, apresenta como a maior barreira ao seu desenvolvimento a grande dificuldade advinda de documentação técnica desatualizada, podendo-se ainda constatar a inexistência de documentos e desenhos que, nesse caso, necessariamente devem ser elaborados pelo projeto NR 13. Isso é esperado em unidades com mais de duas décadas de existência, especialmente naquelas que já não mais estão nas mãos do proprietário original porque foram vendidas e, em algumas delas, isso já tendo ocorrido por mais de uma vez.

Uma vez identificado(s) o(s) cenário(s) provável(is) em que a pressão operacional exercida pelo fluido sobre as paredes do sistema pode atingir valores

superiores ao valor da PMTA, a escolha adequada de cada DS deve estar voltada para o emprego de um procedimento confiável para proceder o(s) requerido(s) dimensionamento(s).

Para o dimensionamento de DS é comum encontrarem-se no mercado de fornecedores de válvulas de alívio e de segurança, bem como de disco de ruptura (RD), programas computacionais ou aplicativos próprios – pertencentes aos fornecedores – que frequentemente, sem ônus algum, os fabricantes disponibilizam para os clientes desses acessórios. Todavia, nessa fase do projeto, o grande objetivo é obterem-se DS a serem instalados, os quais devem ser usados como dados de alimentação no projeto de detalhamento, nada se garantindo sobre a compra desses DS nem de qual empresa a aquisição deve se dar. Mesmo assim, programas dos fabricantes de DS podem ser empregados, sem ônus, porque os donos desses programas computacionais entendem que o manuseio dos mesmos pelos técnicos e engenheiros funciona como propaganda dos produtos, o que é benéfico e vantajoso para os seus fornecedores.

Se o dimensionamento ocorrer levando o resultado a um subdimensionamento do DS, não deve ser garantida a proteção requerida contra sobrepressão do equipamento mecânico estático. Se, ao contrário, resultar em sobredimensionamento do DS, tem-se o indesejável incremento do valor ou do preço comercial do DS a ser adquirido para realizar aquela função. No segundo caso, a proteção fica garantida, mas custando um valor maior, o que normalmente não se deve tolerar em projeto desse tipo.

O DS que se instala no equipamento estático categorizado pela NR 13 tem a função de inibir que o mesmo se rompa por efeito de sobrepressão em uma de suas faces ou diferencial de pressão entre ambas faces de sua parede, o que torna a sua operação segura, previne o sistema (protegido) de acidentes e inibe consequências desastrosas que possam impactar tanto o interior do equipamento como os equipamentos vizinhos por inteiro, além das pessoas próximas aos mesmos, as comunidades circunvizinhas e o meio físico.

A reportagem de capa *A química da segurança* da Revista Brasileira de Engenharia Química (REBEQ), v. 24, n. 2, dez. 2008, à página 7, publicação da Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ), ressalta o entendimento da gerência de segurança, saúde e meio ambiente da Dupont América Latina-Sul de que “segurança de processos tem a ver com a prevenção de acidentes, com graves

consequências e impactos internos e externos”, o que também se coaduna com o fato de que acidentes podem ocorrer se os equipamentos estão desprotegidos ou sem DS, onde podem ocorrer cenários indesejáveis como:

[...] explosões, incêndios, exposição coletiva de pessoas a substâncias tóxicas e impactos ambientais. Esta questão de **impacto ambiental** merece uma consideração específica, pois muitas situações de perigo ao meio ambiente são oriundas de falhas de processo (RBEQ, 2008, p. 7).

Na verdade, a NR 13 obriga ter-se o emprego de DS para os equipamentos mecânicos estáticos compulsoriamente, entretanto ela não é capaz de prever se um sistema pode apresentar falha antes de vencido o prazo para a sua obrigatória inspeção. Para completar o papel de garantir segurança à instalação, deve-se conjugar com a NR 13 um sistema de gerenciamento de riscos eficaz, permitindo continuada análise de riscos dos equipamentos e sistemas protegidos. Por conseguinte, atender-se à NR 13 e estar-se provido de sistema de gerenciamento de riscos significa atuar-se de modo responsável.

Coube à ABIQUIM “implementar” no Brasil o Programa *Atuação Responsável. Responsible Care* é como o nome desse programa foi originalmente dado pelo Conselho Internacional das Associações da Indústria Química (ICCA), cujo objetivo está corretamente posto pela REBEQ, v. 24, n. 2, dez. 2008, à p. 11:

promover o aperfeiçoamento da gestão das empresas químicas brasileiras e de sua cadeia de valor, para assegurar a sua sustentabilidade, bem como contribuir para a permanente melhoria da qualidade de vida da sociedade.

A preocupação com a sustentabilidade dos projetos industriais foi entendida e adotada pelos líderes das grandes e importantes empresas nos países industrializados como uma verdadeira mudança de paradigma, pois antes disso se dá os empreendimentos focavam tão só a economicidade dos processos e poucos se importavam com a aceitação do negócio pela sociedade, ficando a preocupação com a ecologia também relegada a um segundo e menos importante plano.

No presente momento, todo empreendimento calcado em princípios positivos da moral e da ética corporativas se preocupa em estar sintonizado com uma complexa gama de fatores, onde se destacam as expectativas de valorização

do bem patrimonial e do negócio no cenário de capitais no qual se insere a empresa, as ações daqueles que de algum modo estão relacionados à empresa e aos seus produtos – quer enquanto clientes ou na qualidade de acionistas – e à atividade legal e regulatória sobre a operação de funcionamento da empresa, por razões de garantia e de continuidade concernentes às vantagens competitivas do negócio dentro dos mercados em que se situa. Foi assim que líderes de negócios passaram a considerar o desempenho econômico sem imediatismos, mas no longo prazo. Dessa nova forma de ação empresarial decorreram compromissos para fortalecer também o desempenho social e ambiental. Hoje, no entanto, são bem conhecidos e respeitados todos os entes que interferem nos negócios de qualquer empresa séria, as partes interessadas.

Atualmente, tendo em vista a globalização reinante no mundo empresarial e a mídia que informa difusamente a situação real de cada empresa no planeta e que se mantém pronta para delatar qualquer tipo de agressão à sociedade, ao meio ambiente e aos seres humanos – principalmente nos países industrializados, mas também nos estados em desenvolvimento hoje ou já plenamente desenvolvidos. Beloff, Lines e Tanzil (2005, p. 1-3) registram que o progresso da sustentabilidade das indústrias calca-se em três dimensões inseparáveis da correta e inarredável operação dos negócios: a econômica, a ambiental e a social.

Programas de segurança estão alinhados com os três pilares da sustentabilidade dos negócios, pois contrapõem-se à ocorrência de sinistros nas empresas como consequência de protegerem o ser humano de acidentes. Nesse raciocínio, o propósito de inibir ou mitigar acidentes acaba por proteger os ativos industriais, os trabalhadores e circunvizinhança dos centros produtivos e o meio ambiente, evitando prejuízos que podem ir da cessação de lucros a perdas materiais capazes de ultrapassar os valores das próprias empresas. É lógico e indubitável que a sociedade espera tudo isso de uma atividade econômica existente e em harmonia com o desenvolvimento sustentável que os homens perseguem.

Com esforços através do Programa *Atuação Responsável* (ABIQUIM, 2003), a segurança nas empresas ganha mais um sério e forte aliado para a sua objetivada manutenção sem ocorrências intempestivas e danosas, fato que corrobora para a inibição de acidentes nas fábricas e que se harmoniza com o conhecido programa intitulado *Acidente Zero* (JAPAN INTERNATIONAL CENTER OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 1999).

Os programas de segurança são cobrados dos empresários pela sociedade através de sua mobilização via sindicatos, governos e trabalhadores. Os mesmos programas têm um forte caráter social e para que funcionem é necessário que sejam permeados por princípios morais e éticos, que os façam, de fato, verdadeiros, transparentes, objetivos e efetivos. Vale destacar aqui o entendimento que Batalha (2008, p. 283) forja sobre ética, responsabilidade social e transparência:

A ética é parte fundamental da responsabilidade social e do desenvolvimento sustentável, assim como a transparência. A ética tem por objetivo dar às organizações direção e consistência aos seus programas, e a transparência é a sua chamada, cujo objetivo é disponibilizar as informações sobre as organizações para a sociedade como um todo (ALLEDI, 2002, p. 106), reforçando o seu compromisso com padrões mais éticos nos negócios.

Em consonância ao exposto antes, tem-se que as inspeções de segurança realizadas pelas empresas filiadas à ABIQUIM apresentaram significativos resultados anuais – de 2001 a 2007 (RBEQ, 2008, p.11):

- redução da gravidade dos acidentes;
- redução da gravidade de acidentes ocupacionais próprios e de contratados; e
- aumento no número de inspeções de segurança.

A literatura consultada para o desenvolvimento da presente dissertação investigou a possível existência de vínculos entre a prática compulsória da NR 13 e seu provável vínculo com a sustentabilidade da indústria de processo englobando vasta literatura técnica a despeito de itens obrigatórios, sinalizações e acessórios que têm a ver com a proteção dos equipamentos mecânicos estáticos – sobre os quais deve ocorrer a factual aplicação da NR 13, pois os mesmos devem confirmar o seu emprego obrigatório em equipamentos mecânicos estáticos quando esses estão categorizados pela mesma norma – e técnicas para a manutenção requerida pela norma supra e a sustentabilidade da própria indústria. A NR 13, cuja aplicação cobre a instalação, a manutenção, a operação e a segurança de caldeiras e vasos de pressão, alinha-se com os princípios da sustentabilidade dos negócios em que esses equipamentos se inserem nos processos a que estão atrelados, pois a sua aplicação compulsória ou o seu correto emprego constitui-se em ação responsável,

que o MTE exige legalmente dos empresários e/ou proprietários desses equipamentos. Para tanto, foram consultados:

– normas técnicas nacionais e internacionais: sobre caldeiras e vasos de pressão: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, 1999, 1999, 2000, 2000, 2007); e sobre DS: (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1994, 1997, 2002), OIT (2002), (PEREIRA, 2005, p. 17-96), (MTE; SIT; DSST, 2006), (CURIA; CÉSPEDES; NICOLETTI, 2013, p. 261-277);

– livros, artigos e relatórios sobre acidentes industriais: (CICCO, 1984); (FREITAS, 1998); (FREITAS; PORTO, 1995, 2000); (LLORY, 1999); (FREITAS; PORTO; FREITAS, 2002); (ANDRADE; LACERDA, 2006); (COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI, 2007, p. 37-38); (MPS, 2007, p. 513-537); e (PEREIRA, 2010);

– livros e artigos técnicos sobre dispositivos de segurança (incluindo-se a descrição dos mesmos, o seu dimensionamento, cenários prováveis a atender que implicam na ocorrência de sobrepressões operacionais, informações técnicas de projeto, instalação e manutenção): (BUEL, 1875), (CROSBY, 1997), (RASE; BARROW, 1967, p. 425-426, 643-647), (CROZIER, 1985), (CROWL; LOUVAR, 1990), (KLETZ, 1993), (JONES, 1996, p. 87-100), (DARBY; MEILLER; STOCKTON, 2001), (OUDERKIRK, 2002), (LIEBERMAN, 1988, p. 200--210), (MATTHEWS, 2004), (SMITH; ZAPPE, 2004), (MALEK, 2006), (WINGATE, 2007, p. 133-179) e (TOWLER; SINNOTT, 2008, p. 1043-1050);

– sobre técnicas de inspeção de equipamentos utilizadas em paralelo à aplicação da NR 13 para redução do risco operacional, sobre dados de segurança industrial (onde se incluem índices de afastamento de trabalhadores em decorrência de acidentes e número de óbitos), sobre ocorrências de acidentes ampliados, sobre substâncias tóxicas e corrosivas: (ECKSTEIN; JATKOSKI; ETTER, 2002), (PONTES; XAVIER; KOVALESKI, 2004) e VIANA (2008);

– livros técnicos sobre propriedades químicas, físicas e termodinâmicas das substâncias: (ALBRIGHT, 2009, p. 1-30), (PERRY; GREEN, 1984, p. 1-291) e (REID; PRAUSNITZ; POLING, 1987);

– programa computacional comercial para o cálculo de propriedades físicas e termodinâmicas de fluidos (enquanto substâncias puras ou misturas): (SANTOS; SOUZA; LACERDA, 1999);

– livro sobre gerenciamento de projeto industrial: (RAMOS, 2006);

- livro sobre projeto de processo aplicado a unidades químicas e petroquímicas (LUDWIG, 2007);
- livros, jornais e revista sobre segurança industrial e de processo: (CROWL; LOUVAR, 1990), (PEREIRA, 2005), (RBEQ, 2006, p. 7-11) e (JORNALCANA, 2013);
- livro sobre sustentabilidade da indústria química: (BELLOF; LINES; TANZIL, 2005);
- literatura sobre informações complementares para suporte de informações mencionadas: sobre aspectos da qualidade de trabalho industrial (FERREIRA; IGUTI, 1996); sobre erros crassos dos empresários (SARAIVA, 2010); sobre a metodologia de elaboração seguida nesta dissertação (LUBISCO; VIEIRA, 2013); sobre a problemática da mão de obra terceirizada nas indústrias (MIRANDA, 2006); e sobre estatística de total de empregos anuais e sua variação (BITTENCOURT, 2005, p. 74).

Considera-se que este trabalho trata de uma temática (sobre a NR 13) que frequentemente tem sido abordada em eventos sobre a engenharia de produção (TURRIONI; MELLO, 2012, p. 38). Assim, a prospecção de artigos técnicos sobre a NR 13 deve buscar fontes como os anais dos eventos Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos (COTEQ), realizado pela Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção (ABENDI) no país anualmente e Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGERP), que a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) promove a cada ano. De fato, são muitos e de grande utilidade para trabalhos acadêmicos os artigos técnicos, slides de apresentações e atas de mesas redondas que abordam a NR 13 nesses anais e, também, nas bibliotecas dessas entidades. Semelhante ao que há na ABENDI e na ABEPRO, são os documentos dos eventos promovidos pelo IBP e pela Associação Brasileira das Indústrias Químicas (ABIQUIM) e pela Sociedade Brasileira de Engenharia Química (SBEQ).

Documentos de projeto formais gerados em um projeto de adequação de uma unidade industrial de processo à NR 13, normalmente expostos em normas técnicas (nacionais e internacionais), muitos deles já customizados por empresas de projeto para uso no Brasil, são usados neste trabalho, mas sem explicar detalhes de documentação de projeto, que não haveria de agregar qualquer valor à discussão aqui feita. Desenhos de acessórios estão disponíveis nas normas da API e nos livros

técnicos. São de domínio público e estão bem definidos, podendo os mesmos serem customizados para uso particular em qualquer projeto que os necessite.

No portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) através da rede de computadores da UFBA foram feitas várias incursões na procura de documentos afins com a NR 13. No Compendex, por exemplo, nada se encontrou. No banco de monografias, dissertações e teses da Capes, alguns bons trabalhos foram resgatados. Todavia, ficou patente que é baixa a produção de textos sobre a NR 13. Muitos trabalhos têm sido produzidos para vincular a NR 13 a técnicas e regulamentos de apoio à mesma, sendo que a IBR tem sido a que mais foi posta em discussão, principalmente nos eventos da ABENDI e da ABEPRO.

Recentemente, dissertações, monografias e TCC defendidos e apresentados respectivamente em cursos de mestrado, de especialização e em conclusão de curso superior foram identificadas e estão citados com propriedade nesta dissertação, todavia sem cobrirem explicitamente o binômio temático NR 13 versus sustentabilidade. É mister acentuar-se que elementos informativos abundam apartadamente sobre a NR 13 e sobre a vastíssima escrita sobre a sustentabilidade industrial. A literatura, no que concerne à sustentabilidade ora focada, abrange o gerenciamento de risco e as técnicas empregadas para tal, o que Eckstein, Jatkoski e Etter (2002a, 2002b, 2005) e Pontes, Xavier e Kovaleski (2004) apresentam muito bem. Isso também está colocado na obra *Guidelines for risk based process safety* (CCPS, 2007). Contudo, a ponte ora buscada entre a NR 13 e a sustentabilidade da indústria de processo, por mais óbvia e tácita que pareça ser sob a ótica da NR 13, ainda não foi explicitamente montada até este momento. É provável que esse estudo deve demandar uma dissertação ou uma tese para ser elaborado, não havendo a possibilidade do mesmo ser desenvolvido aqui, podendo isso ser feito por interessados no vínculo entre os pares do binômio NR 13 e sustentabilidade da atividade econômica.

Igualmente, a viabilidade técnico-econômica da adequação de uma planta industrial de processo à NR 13 não foi ainda objetivamente provada e modelada matematicamente e, justo por isso, tem-se essa vacância de dados e informações na literatura aberta. Todavia, é mister frisar que toda instalação deve cumprir rigorosamente a NR 13.

Para a realização de um projeto NR 13 por uma empresa projetista capacitada, espera-se que a mesma deva saber estimar os homens-horas (HHs) necessários para realizar as tarefas para, em seguida, poder realizar o correto dimensionamento da equipe de trabalho para as muitas tarefas desse tipo de projeto multidisciplinar. Trata-se do ponto de partida do projeto, o qual deve estar posto na definição clara e objetiva do escopo a ser cumprido. Entretanto, não existe na literatura aberta ferramenta alguma com os dados e informações que o projeto NR 13 requer, a partir dos quais se deve elaborar o cronograma inicial do projeto e, então, fazer-se o cálculo do custo do trabalho pela e para a projetista, que somado à margem praticada pela mesma empresa, deve compor a soma definidora do preço a ser pago pelo cliente. Isso também constitui-se em lacuna na literatura aberta, sabendo-se que o estabelecimento de preço pelos serviços da projetista são meras aproximações – ora são extrapolações e por vezes são interpolações decorrentes de manipulações aritméticas sobre valores históricos ou apurados em projetos já realizados, sobre os quais análise alguma foi realizada, quase sempre são números extraídos tão somente de observações não significativas sobre o número de equipamentos da unidade.

Mesmo que algumas empresas projetistas devam conhecer o teor dos dados relativos a projetos NR 13 realizados por elas próprias, verificam-se que os ditos trabalhos são referidos a equipamentos mecânicos estáticos e plantas que são diferentes em idades porque os projetos perfazem desde unidades e equipamentos novos até vasos de pressão e caldeiras com mais de quatro décadas de operação, que são oriundos de projetos mecânicos de tecnologias diferentes, que se aplicam a campos diferentes da tecnologia de produção (refino, petroquímica, plataforma *offshore*, química em geral, siderurgia, metalurgia, estações geradoras de vapor, etc.) dentre outras diferenças possíveis.

Não existe estatística alguma onde, em função do tipo de tecnologia, do número de documentos, da idade da unidade, do histórico de operação, do tipo de manutenção pregressa sob a responsabilidade de gerentes competentes ou não, etc., capaz de realmente identificar a vacância e a conseqüente necessidade de um modelo matemático para estimar as horas a serem empregadas num projeto NR 13, o qual deve ser capaz de recalcular a estimativa primeira ao término de cada fase do projeto, o que deve definir os valores a serem despendidos em cada fase do empreendimento pelo cliente contratador a favor da empresa projetista. Trata-se de

lacuna técnica que esta dissertação procura resolver eliminando o impedimento técnico para a estimativa dos HH requeridos pelo projeto, ao qual se deve atrelar o valor que a projetista deve faturar, numa prática aberta em sintonia e em prol da ética empresarial.

Em uma planta industrial não adequada corretamente à NR 13, equipamentos que permanecem ainda não categorizados por essa norma podem não ser apreciados pela manutenção por ficarem excluídos das rotinas de serviços sobre o acompanhamento de inspeções baseadas em risco, as quais são cada vez mais programadas para os equipamentos categorizados pela NR 13, conforme tem sido a tendência nos últimos anos.

Depreende-se do grande número de trabalhos técnicos realizados sobre empresas que têm utilizado a NR 13 conjuntamente com a IBR (cf. trabalhos técnicos apresentados na última década nos eventos das entidades ABENDI, ABEPRO, ABIQUIM, IBP, SBEQ), com fatos e dados sobre a revelação de inúmeras vantagens para esse acoplamento, que a NR 13 e a IBR têm sido adotadas cada vez com mais frequência e, dessa forma, tem sido possível programar-se o gerenciamento de riscos para os equipamentos monitorados da unidade, conforme a criticidade de riscos que se apresentem, inibindo-se paradas operacionais – não programadas e causadoras de perdas de produção, além de eventos provocadores de danos, tais como explosões, incêndios, contaminações do ambiente, dentre outros eventos indesejáveis.

Santos (2002, p. 1-10) defende manter-se firme atenção e cuidados especiais necessários quanto ao aumento de prazos entre manutenções que a NR 13 possibilita, pois muitas *pressure safety valves* (PSV), *safety valves* (SV) ou *pressure relief valves* (PRV) podem não operar convenientemente ao longo da campanha inteira prevista para os sistemas que devem proteger ou até mesmo não mais abrir, com total perda da função de prestar proteção contra ocorrências de sobrepressão operacional. Isso significa que DS podem ter campanhas operacionais menores que as dos sistemas a que pertencem e dão proteção.

Não se deve considerar a colocação de Santos um exagero, pois é proveniente de aprendizado sobre observações feitas no chão de fábrica quando de inspeções e manutenções dessas válvulas de segurança dentro dos planos de manutenção de equipamentos estáticos categorizados pela NR 13 e em estrito acordo com os tempos de campanha determinados por essa norma.

É vasta e rica a literatura técnica sobre o tema tratado, com predominância de obras sobre a NR 13 e sua crítica. Verificam-se informações e dados de manutenção, especialmente sobre a IBR, no gerenciamento de risco, compondo uma produção técnica que se alinha com a temática da SPBR. Sobre esse fato, Eckstein, Jatkoski e Etter (2002a, p. 14) afirmam que a SPBR é adotada no mundo industrializado dos Estados Unidos, da Europa e do Oriente Médio. No Brasil, a IBR é uma realidade, que se comprova em função da grande quantidade de trabalhos técnicos em eventos promovidos pela ABENDI, ABEPRO, ABIQUIM, SBEQ e pelo IBP, bem como em trabalhos acadêmicos na base de dados da Capes.

Inexiste levantamento sobre ganhos para o negócio industrial em consequência da correta obediência à NR 13. Também, não estão disponíveis na literatura aberta registros sobre não conformidades por falta de DS em equipamentos mecânicos estáticos, ou melhor, tais informações e dados jamais foram revelados claramente pelos empresários após suas unidades sofrerem adequações à NR 13. Pode-se, pois, registrar uma pobreza estatística, sobre o que se pode especular ser provável existir a necessidade de uma intervenção da tríade trabalhador, empresário e governo para apagar tal lacuna no país. No entanto, ainda requer-se a realização de um estudo para ter-se tal confirmação. Esse estudo deve tirar dos arquivos dos empresários os fatos e dados sobre os projetos NR 13, deixando-os acessíveis em bancos de dados capazes de serem manipulados por interessados no assunto, de sorte que possam ser reutilizados pela academia, pelos empresários e pelas empresas de projeto, de manutenção e de fabricantes de equipamentos que devem cumprir a NR 13 em suas atividades e seus negócios.

Ressalte-se que os centros de documentação das empresas apresentam dificuldades ao consultarem seus arquivos mortos, que frequentemente se mostram assistemáticos na guarda de documentos. Isso acontece na maioria das empresas, inclusive nas mais importantes empresas estatais e privadas do Brasil; e, também, em empresas de pequeno porte que atuam em engenharia de projetos. Não se recuperam informações importantes após decorridos alguns anos do encerramento do projeto.

A pesquisa bibliográfica feita neste trabalho sobre a literatura técnica aberta detecta trabalhos técnico-científicos voltados para a garantia de sustentabilidade da indústria de processo, como já dito anteriormente aqui, o que revela o fato de que uma unidade de processo instalada no país tendo décadas de

idade pode provavelmente apresentar vacância(s) de DS(s), PI, planos de manutenção, documentação técnica, etc., por exemplo, pois isso decorre justamente do fato de que provavelmente não deve estar perfeitamente de acordo com a vigente NR 13 (CURIA; CÉSPEDES; NICOLETTI, 2013, p. 261-277), porque a dita norma regulamentadora não existia quando o projeto do equipamento ou da planta fora elaborado e, dessa forma, a norma não foi adotada, seguida ou cumprida na fase de projeto, devendo-se agora, por conseguinte, aplicar a NR 13 a plantas com tais características, de forma compulsória. É provável que auditorias NR 13 constatem muitos RGI nessas unidades, de sorte que a hipótese posta aqui se revele verdadeira e toda correção que a lei exige seja posta em prática.

O projeto NR 13 em vasos de pressão e caldeiras isolados e/ou compondo plantas antigas e ainda em operação tem como objetivo corrigir ou eliminar toda e qualquer não conformidade identificada relativamente a essa norma.

Antes de tudo, entretanto, para quem compõe uma equipe de técnicos e engenheiros para fazer um projeto de adequação de uma planta industrial de processo à NR 13 ou até mesmo para qualquer curioso, brota a pergunta contundente para quem vai bancar o projeto: por que adequar os equipamentos mecânicos estáticos à NR 13? Primeiramente, porque a NR 13 tem força de lei federal e seu cumprimento pelo proprietário de caldeira e/ou vaso de pressão é obrigatório. Descumprir a NR 13 é apresentar qualquer que seja a não conformidade a qualquer de seus itens, subitens ou alíneas, sobre isso incidindo penalidades que vão desde a aplicação de multas à interdição da atividade econômica. Há ainda o entendimento a seguir à luz de quem acredita haver a possibilidade real e a sua medida ou probabilidade: para que se iniba a possibilidade de ocorrência de acidente quer simples ou ampliado. Mas tal resposta ainda é insatisfatória, incompleta, porque parece apostar numa utopia, uma vez que a NR 13 para ser efetiva em sua aplicação muito depende de outras normas e requerimentos de apoio e isso já foi demonstrado em trabalhos acadêmicos (SOARES, 2010; SOUZA, 2008; VECCHI, 2009) e é aqui reafirmado.

Espera-se que uma unidade que cumpre rigorosamente às exigências da NR 13 deve apresentar maior probabilidade de apresentar maiores segurança e continuidade operacional. Caldeiras e vasos de pressão são equipamentos perigosos e, sendo assim, acidentes do trabalho e acidentes ampliados podem

ocorrer mesmo que a unidade esteja em conformidade a NR 13. Esses acidentes guardam definições formais:

– conforme dispõe o art. 19 da Lei nº 8.213/91, tem-se que:

Acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 dessa lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho;

– acidente maior, ampliado ou grande acidente é todo evento inesperado, como uma emissão, incêndio ou explosão de grande magnitude, no curso da atividade dentro de uma instalação exposta, que exponha aos trabalhadores, população ou meio ambiente a perigo de consequências imediatas ou de médio e longo prazos (PUIATTI, 2003, p. 52).

Acidente ampliado envolvendo equipamento mecânico estático tem ocorrência menos frequente e corresponde a todo e qualquer acidente capaz de provocar significativos danos econômicos às instalações fabris, aos seres humanos e ao meio ambiente. Toda catástrofe, por conseguinte, deve ser entendida como um acidente ampliado, pois tem potencialidade para ceifar vidas humanas e/ou para lesionar e/ou deixar sequelas em seres humanos, degradando, contaminando ou destruindo o meio ambiente de modo literal (tome-se como exemplo o caso do reator 4 da usina nuclear de Chernobil na Ucrânia), provocando vultosos danos aos ativos daquela indústria acidentada, ao meio ambiente e às populações nas proximidades do sinistro (LLORY, 1999, p. 67-91).

A NR 13 determina a imprescindibilidade para os equipamentos categorizados pela mesma de placas de identificação, de PI, de DS, prontuário, plano de manutenção, etc. Por outro lado, a NR 13 não deve ser aplicada a equipamentos rotativos e tubulações, bem como aos equipamentos referidos no Quadro 8 e no Quadro 9 do Apêndice M

Vasos de pressão classificados nos grupos de potencial de risco da NR 13, Anexo IV (CURIA; CÉSPEDES; NICOLETTI, 2013, p. 193), devem ser munidos de DS individualmente ou em grupos de equipamentos compondo um sistema, desde que esse integre dois ou mais equipamentos e seja equivalente a

equipamento único de volume igual ou maior que a soma dos volumes dos equipamentos que compõem o grupo. Por conseguinte, o sistema deve comportar o emprego de apenas uma proteção contra sobrepessão que satisfaça a todos simultaneamente, os quais devem sempre proteger, em primeira instância, a integridade física dos ditos equipamentos, bem como de tudo que estiver nas suas proximidades: o ser humano, outros ativos da indústria, a comunidade localizada nas proximidades do equipamento e o próprio meio ambiente natural – ar, água e solo. Devem ser plenamente atendidas as alíneas a, b e c do subitem 13.6.2: DS (com pressão de abertura \leq pressão máxima de trabalho admissível (PMTA), “instalada diretamente no vaso ou no sistema que o inclui”, “dispositivo de segurança contra bloqueio inadvertido da válvula quando esta não estiver instalada diretamente no vaso”, manômetro).

Cada caldeira de apresentar válvula de segurança, manômetro, “injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido”, “sistema de drenagem rápida de água, em caldeiras de recuperação de álcalis”, indicador/controlador “do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente” (cf. subitem 13.1.4 da NR 13).

Para fluido classificado como combustível, a proteção deve inibir a probabilidade de ocorrer incêndio e/ou explosão. Se o fluido for corrosivo e/ou tóxico, o projeto de dimensionamento e seleção da proteção deve ser dirigido para inibir a propagação de processos corrosivo e/ou de contaminação tóxica dos ativos, do ambiente e ser humano (BRANAN, 2005, p. 310-312; CCPS, 2006; LUDWIG, 2007, p. 575-770).

O correto direcionamento e a adequada destinação dados ao fluido aliviado através de DS, desde que o fluido seja formado por hidrocarbonetos, produto tóxico e/ou corrosivo, evita danos esperados para a ação daquela corrente. Dirigir-se fluidos aliviados contra equipamentos, acessórios, passagem ou caminho de pessoas, etc., deve sempre ser condenado e evitado, encerrando um provável erro de concepção, o que deve ser bem observado quando do projeto de detalhamento, momento em que todos os alinhamentos e encaminhamentos de linhas são projetados. Dessa forma, a correta destinação dada ao efluente do DS é sumamente importante, devendo acontecer provisoriamente na fase de engenharia básica (FEB) do projeto de adequação da unidade à NR 13. Decorre dela a garantia

de que não deve acontecer contaminação ambiental e não devem ocorrer danos ao ser humano e aos equipamentos e instalações nas proximidades de todo equipamento protegido e devidamente categorizado como equipamento NR 13.

Cuidadoso estudo cobrindo todas as possibilidades de cenários para quando da ocorrência de sobrepressão leva à correta especificação da necessária proteção a ser instalada no equipamento estático da unidade de processo (API, 2004).

Para o encaminhamento seguro do efluente do DS, o engenheiro projetista deve ter em mente o melhor caminho e a correta destinação para o fluido aliviado. Assim, para óleos térmicos em fase líquida, por exemplo, devem-se projetar coletores com capacidades adequadas para a recepção das cargas aliviadas, devendo-se calcular a vazão aliviada justo para a mais provável concomitância de aberturas das válvulas esperada para o cenário estudado envolvendo o(s) equipamento(s) que o integram, conforme recomenda a norma técnica empregada para tanto. Para correntes gasosas de fluidos inflamáveis (hidrocarbonetos), entende-se universalmente que a destinação mais recomendada é a utilização do sistema de tocha (ST) existente na planta.

Sempre que novas correntes forem direcionadas para o ST, deve-se proceder a uma reavaliação da operação daquele sistema para o incremento da vazão destinada.

É conveniente frisar-se que o ST é considerado o equipamento mais seguro de qualquer unidade instalada de processo. Sempre o ST de uma planta deve ser projetado para atender eventos de cargas efluentes do processo a ele destinados, incluindo-se as vazões oriundas de DS alinhados com o mesmo e mais outros sistemas automáticos que nele também podem descarregar correntes da unidade.

Duas são as fases iniciais de um projeto de adequação de uma planta industrial de processo, após a etapa conceitual, quais sejam:

- fase de engenharia básica (FEB); e
- fase de engenharia de detalhamento (FED).

Posto que na FEB os DS são dimensionados utilizando-se alguns *approaches*, na FED devem os DS ter suas MC recalculadas, emitindo-se as correspondentes revisões, o que constitui a práxis para um projeto desse tipo.

Sobre a revisão acima, sabe-se que a principal razão de sua obrigatoriedade repousa no fato da contrapressão utilizada – para as válvulas de segurança cujos efluentes são conectados ao ST ou a coletores instalados na área industrial – ser tomada com valor constante, apesar do mesmo ser normalmente arbitrado com base em MC de outros DS existentes ou mesmo fundamentado em longa, factual e rica experiência de técnicos, operadores e/ou engenheiros.

Somente na FED do projeto são gerados os desenhos isométricos das linhas, os quais têm uso na montagem das tubulações entre as descargas dos DS e os sistemas que recebem os fluidos descarregados. Como a pressão de descarga, a temperatura, o fluido e o comprimento da linha de descarga, incluindo os acessórios e acidentes nela contidos, são conhecidos em cada posição daqueles desenhos, dimensionam-se os diâmetros das linhas de todas as descargas, os quais se atrelam à perda de carga entre a saída de cada DS e o sistema ao qual se interliga (que pode ser o ST ou um coletor). Portanto, para cada efluente a ser detalhado tem-se uma contrapressão calculada. Este processo pode inclusive implicar no recálculo do DS.

Em seguida, após todos os efluentes estarem definidos e calculados, deve-se proceder a revisão do PC, o qual deve ser elaborado e emitido antes da FEB do projeto. Similares revisões devem ser feitas para as MC e FD, porém apenas para DS que requeira o recálculo da contrapressão a ser enfrentada pelo efluente.

Não é difícil imaginar-se que se a mesma empresa projetista elaborar a FEB e a FED do projeto NR 13, a soma dos tempos empregados nessas fases tem um valor menor, pois que deve inexistir o hiato costumeiro que acontece quando a empresa que realiza a FEB sai e a nova empresa que assume a FED chega, aí ocorrendo perdas de tempo, de informações e dados do projeto. Por conseguinte, na transferência das informações da FEB para a FED do projeto, se essas etapas são feitas por empresas projetistas diferentes, pode acarretar prejuízos ao projeto – atrasos, erros, dificuldades se alastram para a fase executiva, justo quando são instalados os sistemas de proteção.

Pelo exposto antes, é recomendável que ocorra a contratação do projeto de adequação de uma planta industrial de processo à NR 13 preferencialmente junto a uma única empresa, a qual deve ser sabidamente competente, qualificada para tal, dispondo de boa reputação no mercado de engenharia. Afinal, o projeto em foco não deve parar jamais na primeira fase sob pena de tornar-se sem efeito. O ganhador da

concorrência ou da licitação ou de qualquer outro processo democrático de escolha (ou de exclusão) de empresa projetista para realizar o projeto de adequação de uma planta industrial à NR 13 deve ter preço competitivo frente ao mercado concorrente e o valor cobrado deve atender, pelo menos, além do projeto conceitual, as fases de engenharia básica e de detalhamento, podendo a fase de instalação/montagem ser realizada por uma outra empresa e/ou pelo próprio cliente.

Um projeto segue o curso traçado quanto mais continuamente forem executadas as tarefas planejadas. Dessa forma, se a fase de instalação/montagem for contratada junto com as duas etapas anteriores, certamente o seu desenvolvimento deve fluir com rendimento ainda maior do que se realizado por dois projetistas diferentes: um para as fases conceitual, de engenharia básica e de detalhamento e outro para realizar a instalação/montagem.

A razão que suporta a gradação antes exposta, a qual leva a ganhos ou a não desperdícios de tempo, é que qualquer empresa legalmente vencedora de concorrência ou licitação para realizar esse tipo de projeto ou qualquer outro projeto, com preço global fixado, envida esforços para cumprir regamente o cronograma elaborado, acertado e instituído junto ao cliente e, se possível for, procura realizar os trabalhos em tempo ainda menor, garantindo-se ou creditando-se de pontos pela qualidade ofertada e devidamente mensurada pelo cliente sobre os serviços prestados através de processos de auditoria ao longo da execução dos serviços prestados. Por conseguinte, é esperado atingir-se maior eficiência da elaboração do projeto até a sua conclusão planejada. Tome-se como exemplo para a mensuração da qualidade dos serviços prestados ser um procedimento corriqueiro a cargo de auditores no âmbito de grandes empresas na área de petróleo e petroquímica, que constituem importantes clientes no domínio de projetos para as empreiteiras atuantes no Brasil.

Óbvio que atrasos e baixa, ruim ou inaceitável qualidade intrínseca apresentadas em projetos podem implicar na desclassificação da empresa projetista, podendo roubar-lhe preciosos pontos em futuros processos licitatórios e de concorrência, no caso de empresa pública, o que é por demais prejudicial a qualquer empresa de engenharia vendedora de serviços.

Para atender-se à NR 13, todos os equipamentos mecânicos estáticos – os únicos regidos pela NR 13 – devem ser observados e, para aqueles sem DS, cenários de operação que acarretem em operação com elevação no diferencial de

pressão sobre as paredes dos mesmos devem ser vislumbrados e, para tais situações anormais do diferencial de pressão de operação de cada um deles, DS devem ser dimensionados para os indesejáveis, mas prováveis casos, aqui entendidos como situações operacionais que perfazem o universo dos casos mais críticos para a segurança dos equipamentos. Tais equipamentos devem receber DS corretamente dimensionados. Quando ocorrer a necessidade da projetista simular mais de um cenário provável, para o equipamento deve ser escolhido o DS que apresentar maior capacidade de alívio do produto ou fluido, cuja pressão deve ser reduzida.

O projeto NR 13, após a fase de atualização dos desenhos e documentos da unidade, emprega quase todo o tempo restante na concepção e na análise de processo de cenários prováveis de ocorrências de subpressões e sobrepensões, antes de serem procedidos os correspondentes dimensionamentos e especificações de DS. Portanto, deve-se enfatizar a plena capacitação requerida pelos engenheiros de processo para vislumbrar as possibilidades de processo que impliquem em descontrole de pressão, sem o que o projeto NR 13 pode ter perda de qualidade.

Tem-se aqui o processo estudado bem focado pelo engenheiro sênior, que primeiro realiza a verificação da vacância ou não de DS em cada equipamento estático. Em seguida, estuda, avalia e estabelece o provável cenário para a subida do diferencial de pressão operacional entre as paredes do equipamento mecânico estático até o valor em que o mesmo é entendido como anormal para cada equipamento estático sem DS. Por fim, procede-se a seleção e o dimensionamento do DS requerido e exigido pela NR 13, de sorte a garantir-se que o diferencial de pressão de operação do equipamento mecânico estático não ultrapasse o valor da PMTA além do percentual de acúmulo permitido pela norma adotada e utilizada para o cálculo.

Por detrás da metodologia revelada antes, tem-se a história americana de acidentes com mortes em caldeiras a vapor, onde os fatos mais que justificam a exacerbada preocupação de ter-se a NR 13 cumprida rigorosamente pelo empresariado brasileiro.

Por certo, a proteção pensada para cada equipamento mecânico estático em toda e qualquer fábrica industrial de processo deve estar primeiramente voltada para proteger o ser humano, cujo valor é infinitamente superior a qualquer vaso de pressão ou caldeira que se possa imaginar. Pensada dessa maneira, a NR 13 pode

ser entendida como uma norma voltada tacitamente para a preservação da saúde de seres humanos, revelando-se então como uma lei de cunho social que impõe responsabilidades formais aos proprietários de vasos de pressão e caldeiras em funcionamento operacional.

2.6.1 DS e seu Efluente

Trata-se de importante item no projeto NR 13, que deve ser feito após o dimensionamento dos DS, mas que requer o detalhamento das tubulações em trechos após a saída dos DS até o ponto em que o fluido se destina. Pela importância dessas linhas que dirigem o fluido aliviado, após os seus dimensionamentos, cada DS deve ser recalculado considerando-se a perda de carga no trecho (entre o DS e o ponto final) e a contrapressão do sistema de coleta ou ST, verificando-se se a vazão alívio é conseguida, de sorte que se tenha a garantia de que a pressão do sistema protegido não tenderá a permanecer em valores altos e incompatíveis com a PMTA do equipamento. Esse procedimento não se aplica quando o efluente do DS é alinhado para a atmosfera local, devendo-se projetar uma linha curta, cuja saída não seja dirigida para a passagem local de pessoas. Em alguns casos, cuidados devem ser tomadas para que não se permita o acúmulo de água e/ou sujidade alguma nessa linha, as quais podem causar danos e até bloquear a saída do DS.

Pode ter-se o efluente do DS alinhado para algum ST, cuja operação seja capaz de realizar a queima plena – com probabilidade de falha operacional do sistema de queima muito abaixo da tolerância – desse efluente sem que isso implique em qualquer tipo de comprometimento do equipamento. Fluidos que não agridam o meio ambiente, como água líquida, vapor de água, ar, nitrogênio, oxigênio, etc., podem ser aliviados diretamente para a atmosfera local. Contudo, medidas inibidoras de atingimento de pessoas devem ser consideradas nos pontos de alívio, evitando-se que o vapor de água, por exemplo, possa causar queimaduras em pessoas expostas ao descarregamento do fluido pela a abertura do DS. O DS, portanto, pode estar alinhado para a atmosfera desde que seja assegurado que o fluido a ser aliviado não provoque danos ao meio ambiente, ao imobilizado da fábrica e ao ser humano. Isso acontece quando o fluido é água, por exemplo, quer esteja na fase líquida ou vapor. Porém, o direcionamento do efluente e o seu

consequente encaminhamento para atmosfera, esgoto ou canaleta na área operacional devem ser preferencialmente previstos, de modo que nunca se atinjam operadores industriais e ativos da indústria – junto ao DS ou no seu entorno alcançável pela descarga do fluido.

Alguns vapores de hidrocarbonetos podem ser eventualmente aliviados para a área operacional, contudo tais permissões devem ser obedientes aos limites impostos para valores de vazão, concentração e inflamabilidade previstos para o fluido na atmosfera local. Trata-se, portanto, de saber se a condição de dispersão que aquela corrente sofre no espaço em torno da saída do DS deve permitir ou não o seu alinhamento direto para a atmosfera e em que ponto, cota ou altura isso deve ser feito, de sorte que o limite de tolerância de concentração do fluido na atmosfera não seja ultrapassado. Fica implícito que a alternativa mostrada aqui deve depender de rigoroso estudo de dispersão atmosférica contemplando os vapores esperados para devida descarga atmosférica.

Qualquer que seja a instalação considerada, o DS tem sempre a função de impedir que rupturas em paredes de equipamentos aconteçam e de inibir que explosões ocorram em decorrência dessas sobrepressões ocasionais e/ou indesejáveis, além dos valores das PMTA dos equipamentos mecânicos estáticos em que DS estejam corretamente instalados.

2.6.2 Fatos e Dados que Obrigam o Uso de DS

É óbvio que DS estão provavelmente entre os entes mais importantes dos itens que a NR 13 exige para preservar a integridade de caldeiras e vasos de pressão, equipamentos sabidamente considerados perigosos. Para a hipótese extrema de todos os itens, subitens e alíneas da NR 13 plenamente atendidos, menos para os DS impropriamente esquecidos, os riscos operacionais presentes na operação de caldeiras e vasos de pressão não devem ficar mitigados nem muito menos inibidos, ficando esses equipamentos susceptíveis de sofrerem algum dano por descontrole de pressão.

Pela importância que os DS têm no projeto NR 13, é interessante conhecer-se sua breve história para poder-se entender a sua importância para as unidades e fundamentalmente para o próprio ser humano que labuta com as mesmas.

O surgimento da válvula de segurança encontra-se bem historiado em obras sobre esse tema como, por exemplo, em *Válvulas: industriais, segurança, controle: tipos, seleção, dimensionamento* (MATHIAS, 2008, p. 214-215). Em síntese, são entendidos como acontecimentos marcantes na história industrial, fatos que estão dispostos na Tabela 1.

Do breve histórico apresentado na Tabela 1, depreende-se da ocorrência das explosões registradas entre 1905 e 1911 em New England que se forma a opinião sobre a necessidade imperiosa de que se devem proteger equipamentos mecânicos estáticos. Por conseguinte, como consequência direta da análise daqueles dados catastróficos e do esforço para inibir tais explosões letais, dois importantes fatos acontecem na engenharia:

- a) Constata-se a falta de precisão do processo de dimensionamento das válvulas de peso, responsabilizando-as como os entes responsáveis por inúmeras explosões de caldeiras e vasos de pressão, as quais acarretaram mortes para muitos daqueles que então labutavam em ambientes industriais. O código da American Society of Material Engineering (ASME), Seção I, proíbe definitivamente a instalação daquelas válvulas em caldeiras; e
- b) formaliza-se a escrita da Seção I do código ASME, o qual é publicado em 1914, passando a ter emprego obrigatório a partir da primavera de 1915.

Inibem-se, de fato, novas ocorrências de explosões em caldeiras e vasos de pressão. Com efeito, muitas vidas são poupadas e a engenharia mecânica e a dos materiais têm importância capital no aperfeiçoamento de projetos envolvendo vasos de pressão e caldeiras.

Da evolução do código ASME resultam 11 seções ou livros-seções, com os quais os fabricantes são norteados no projeto e na construção ou fabricação de equipamentos mecânicos. Das 11 (onze) têm-se 4 (quatro) seções dirigidas fundamentalmente para projetos de vasos que operam sob pressão (SILVA, O. 2009, p. 3), com itens dedicados à proteção contra sobrepressão operacional, quais sejam:

- Código ASME Seção I – Caldeiras;
- Código ASME Seção III – Plantas nucleares;
- Código ASME Seção VIII – Vasos de pressão; e

– Código ASME Seção X – Vasos de fibra de vidro.

Nas indústrias químicas, petroquímicas e de refino não se aplica o Código ASME Seção III, dedicada que é exclusivamente às plantas nucleares; e o Código ASME Seção X tem menor aplicação, o que decorre naturalmente do menor número de equipamentos fabricados em fibra de vidro naquelas indústrias.

A julgar pela experiência do Prof. Osmar José Leite da Silva, com larga capacitação em válvulas industriais, a omissão do DS tipo *buckling-pin* ou *breaking-pin valve* em seu riquíssimo livro *Válvulas industriais* (SILVA, 2009, p. 7-8) deve provavelmente significar que aquele tipo de DS tenha uma aplicação restrita e diminuta no país, apesar de estar na norma americana (API, 2000, p. 26). Trata-se de uma válvula de alívio muito sensível à variável temperatura. Por isso, para aplicações em temperaturas diferentes da ambiente, o fabricante deve ser consultado. O segundo nome dado ao DS, *breaking-pin relief valve*, resulta do fato de que o seu pino pode além de entortar sofrer uma quebra quando da atuação em serviço (MALEK, 2006, p. 16-17; TOWLER; SINNOTT, 2008, p. 1049).

Tabela 1 – Cronologia dos dispositivos de segurança

ANO	ACONTECIMENTO
1682	A válvula de segurança é inventada pelo físico francês Denis Papin. Tratava-se de um sistema de contrapeso, “onde um peso ao ser movimentado ao longo de uma alavanca alterava a pressão de ajuste”.
1848	O inglês Charles Richie inventa “um meio de aproveitar as forças expansivas do fluido para aumentar o curso de abertura do disco da válvula”.
1863	O inglês William Naylor melhora o invento de Charles Richie aumentando o curso de abertura da válvula, com conseqüente incremento da força reativa.
1869	Os americanos George William Richardson e Edward H. Ashcroft projetam a válvula de segurança tipo mola.
1880	Nasce a ASME.
1905 a 1911	Em New England – USA acontecem aproximadamente 1700 explosões de caldeiras causando 1300 óbitos.

1911 a 1914	A ASME, através de grupo de trabalho formado, denominado Comitê de Caldeiras e Vasos de Pressão, elabora a Seção I do código ASME para Vasos de Pressão Submetidos a Fogo (Caldeiras).
1914	O código ASMA passa a ser uma exigência em todos os estados americanos. Dá-se a publicação do código ASME.
1915	A Seção I do código ASME é formalmente adotada na primavera.

Fonte: (MATHIAS, 2008, p. 214-215; MALEK, 2006, p. 1-2; HELLEMANS, 2009, p. 1-5).

Todos os tipos de dispositivos de segurança encontram-se bem estudados e têm uso industrial perfeitamente dominado pelos técnicos e engenheiros. Por conseguinte, todos apresentam excelente qualidade intrínseca e estão tecnologicamente dominados, isto é, desenvolvidos e padronizados para cada tipo de aplicação, que, por sua vez, dependem fundamentalmente dos fluidos e de suas características físico-químicas.

Fabricantes sérios exploram legalmente o comércio desses dispositivos, cujas exigências normativas e legais têm sido atendidas corretamente.

Projetam-se adequadamente para atendimento de situações operacionais específicas existindo, assim, vários tipos de dispositivos de segurança para atendimento de empregos peculiares quando são igualmente atendidos normas e padrões internacionais. No Brasil, a aplicação dos mais comuns dispositivos de segurança ou que apresentam maiores frequências de emprego nas indústrias – as válvulas de segurança e os discos de ruptura – está em conformidade com as exigências de funcionamento expressas na NR 13, instrumento normativo que está com dezoito anos em crescente e adequada aplicação em equipamentos mecânicos estáticos em indústrias localizadas no país.

Vale destacar que existe além do American Petroleum Institute (API) uma gama de instituições sérias e competentes que estabeleceram e publicaram critérios para o dimensionamento de válvulas de segurança para fazer frente às emergências com cenários operacionais críticos, com a presença de fogo externo ao equipamento recebendo calor do meio ambiente. Dentre tantas, destacam-se as seguintes normas: CGA, CI, NFPA e OSHA.

Os procedimentos empregados pelas instituições antes citadas apresentam divergências e/ou inconsistências porque guardam interpretações várias do fluxo de calor devido à exposição ao fogo, à área sobre a qual incide o fluxo de calor Q (cf. $Q = 21000.F.A^{0,82}$ e $Q = 34500.F.A^{0,82}$ na p. 209) e o fator de proteção F , usado para caracterizar a instalação (cf. Quadro 12 à p. 210).

O dimensionamento de DS pode ocorrer com o emprego de programa computacional dedicado de algum fabricante, que tem sempre o interesse de supri-lo a quem interessar-se por esse tipo de programa computacional, sem custo algum para quaisquer prováveis compradores de seus produtos.

Não é procedido aqui estudo algum comparando o emprego das normas citadas antes. Entretanto, sabe-se que pode ser feito o dimensionamento de dispositivos de segurança com o emprego do aplicativo Excel 5.0 da MS empregando-se os procedimentos da API para elaboração de planilha(s) para isso.

Vale a pena frisar que quando o sistema real envolver tanque de armazenamento apresentando sistema de drenagem inadequado, os procedimentos da API não devem ser adotados (CROZIER, 1985).

Uma avaliação das metodologias utilizadas para o dimensionamento de válvulas de segurança para o cenário de fogo externo ao equipamento está no artigo *Sizing relief valves for fire emergencies*, de R.A.Crozier, publicado na revista *Chemical engineering, out.*, 1985, p. 49-54. O referido trabalho está também inserido na obra *Applying the ASME codes* (WINGATE, 2007, p. 168-173).

Muitas propostas de refinamento para o dimensionamento de DS para fluidos supercríticos, em escoamento bifásico têm sido vistas em divulgação pela internet. Mas isso foge ao objetivo maior deste trabalho que é desenvolver um método que permita estimar o tempo a ser usado para adequar uma unidade industrial à NR 13 quando a mesma já existe e tem sua documentação técnica necessitando atualização, o que normalmente pode demandar meses até que se resolvam todos esses problemas para que sejam iniciados os serviços para que a NR 13 possa ser implantada de fato.

2.6.3 Nascimento e Evolução da NR 13

A legislação concernente às caldeiras e aos vasos de pressão nasceu com a CLT, através do Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, publicada no DOU,

de 09.08.1943. Está posta na Seção XII – Das Caldeiras, Fornos e Recipientes sob Pressão, composta dos Art. 187 e Art. 188.

No Art. 187, a título de elucidação, aborda-se a exigência de válvulas e outros dispositivos de segurança para ter-se a proteção contra sobrepressões (pressões além da pressão compatível com a resistência mecânica dos equipamentos); e a inspeção de segurança dos equipamentos é tratada no Art. 188.

Somente em 8 de junho de 1978, cerca de 35 anos após instituída a CLT pelo governo Getúlio Vargas, foram criadas as normas regulamentadoras ou NR. Oficializaram-se então através da Portaria nº 3.214, publicada no DOU, de 06.07.1978.

Em seguida, a NR 13 sofreu 4 revisões e está na iminência de passar pela quinta revisão, cuja consulta pública já aconteceu, por duas vezes em 2013, conforme mostra o Apêndice B, onde os mais importantes documentos legais com respeito à NR 13 estão citados informando ainda do que tratam sobre o assunto.

O Apêndice B apresenta os principais documentos legais que foram criados no país e que guardam relação com a NR 13.

A evolução por assunto a ver com a NR 13 é a que se segue:

1943 – **CLT** (criação)

1945 – CIPA (recomendação da OIT)

1946 – CONFEA (profissão de engenheiro)

1966 – Fundacentro (criação)

1968 – CIPA (regulamento)

1973 – CONFEA (sobre as modalidades de engenheiro)

1978 – **NR 13** (criação, com mais 27 NRs)

1983 – Fundacentro (novo nome, mesma sigla)

1983 – **NR 13** (revisão 1)

1984 – **NR 13** (revisão 2)

1992 – CONFEA (profissão de engenheiro mecânico para caldeiras, que se relaciona ao **PH**)

1994 – **NR 13** (revisão 3, com erros de impressão)

1995 – **NR 13** (revisão 3, com a correção dos erros de impressão)

2001 – **SPIE** (certificação)

2006 – Capes (divulgação eletrônica obrigatória de teses e dissertações)

2008 – **SPIE** (Regulamento Técnico e de Avaliação de Conformidade)

- 2008 – **NR 13** (revisão 4)
- 2009 – **SPIE** (Regulamento Técnico de Qualidade)
- 2009 – **SPIE** (Avaliação de Conformidade para SPIE)
- 2009 – **SPIE** (Regulamento Técnico da Qualidade para SPIE)
- 2010 – **Comissão Nacional Tripartite Temática (CNTT)** (Regimento)
- 2011 – **CNTT** (Composição da CNTT)
- 2013 – **NR 13** (Consulta Técnica para a revisão 5)
- 2013 – **NR 13** (nova Consulta Técnica para a revisão 5)

A cada um dos documentos mostrados no Apêndice B estão atrelados os dados do documento legal, a data de publicação no DOU e o assunto tratado pelo documento legal. Em negrito estão os itens açambarcados pela NR 13. Os demais também estão relacionado à SSMT. A Capes, por sua vez, tem a ver com a divulgação obrigatória de trabalhos acadêmicos que abordem a NR 13, pois em seu portal encontram-se alguns bons trabalhos cobrindo END que são empregados de modo associado à NR 13, além de trabalhos analisando as características dessa norma (robustez quanto ao seu emprego para gestão, dependência técnica de outros requerimentos para ser aplicada, etc.).

No conjunto das NR insere-se a NR 13, cuja a terceira revisão – a mais importante de todas por ter tornado essa norma operacional – saiu na Portaria nº 23, em 27 de dezembro de 1994 (com a impressão técnica apresentando falhas), essencialmente incluindo os tempos máximos para que os empresários adequassem suas instalações à mesma. Isso ocorre em muitos de seus itens. O DOU, Seção I, de 26.04.1995, oficializa aquela versão da NR 13, obrigando os empresários a obedecê-la a partir daquela data. Pode-se dizer que a NR 13 nasceu em 1994/1995 para uso efetivo pela indústria e em toda e qualquer atividade econômica no Brasil em que caldeira a vapor ou vaso de pressão esteja(m) em atividade(s) operacional(is), de forma passível, a partir daí, de ser cobrada a adequação imediata desses equipamentos mecânicos estáticos (enquadrados e categorizados pela NR 13) à mesma sempre que constatado algum desrespeito ou não conformidade à dita norma regulamentadora, o que deve acontecer quando isso for constatado através de auditoria por representante legal do MTE, PH ou engenheiro de segurança que identifique desvio quanto a algum item ou subitem da NR 13.

Coube à Portaria nº 57, de 19.06.2008, atender essencialmente mudanças na redação de vários itens e no Anexo III – partes então bastante discutidas pelos

empresários, trabalhadores, sindicatos e governo, tudo já bem estudado pelo Instituto Brasileiro do Petróleo (IBP) e pelo INMETRO. Tais mudanças representaram a quarta revisão da NR 13 e a Portaria nº 57 foi publicada no DOU, Seção I, em 24.06.2008.

2.6.4 Comentários sobre a Portaria SSST nº 23, de 27.12.1994

A Portaria nº 23 introduz fundamentalmente os prazos para que as empresas se adequem à NR 13, contabilizando a inclusão de 25 (vinte e cinco) valores que vão desde a adequação imediata até o tempo máximo de 270 dias (cf. Quadro 2).

Para que a terceira revisão da NR 13 se tornasse realidade, a mesma é iniciada em fevereiro de 1994, então capitaneada pela Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho (SSST/MTb) em resposta a estudos desenvolvidos no seio empresarial nesse mesmo sentido, os quais ocorrem sob a coordenação do IBP conjuntamente com o INMETRO. Os trabalhos objetivam ter uma nova NR 13 para apresentar ao governo. Naquela ocasião, os empresários entendem que a versão original da norma apresenta conceitos ultrapassados e que a mesma não se operacional para o obrigatório cumprimento.

Uma atualização da NR 13 havia sido procedida para enquadrá-la aos padrões da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), contudo ainda se mostra não satisfatória para propósitos de aplicação mais geral.

Um grupo de trabalho é organizado pelo SSST/MTb, Grupo Técnico Tripartite (GTT), para o qual são congregados representantes do governo – Delegacia Regional do Trabalho (DRT)/São Paulo (SP), INMETRO e SSST/MTb), dos trabalhadores – Sindicato dos Químicos e Petroquímicos do ABC (Sindiquímica), Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho (DIESAT) e Central Única dos Trabalhadores (CUT) e das empresas – Petroquímica União (PQU), ABIQUIM e IBP.

A terceira revisão da NR 13, de fato, com a explicitação dos tempos legais para que as empresas possam se adequar às exigências da referida norma, viabiliza finalmente a sua efetiva implantação no país.

Com o cumprimento da NR 13, ficam os trabalhadores mais seguros em seus ambientes de trabalho. Isso se alinha com o Programa *Atuação Responsável*,

então capitaneado pela ABIQUIM desde 1991. Para os empresários e para o governo, perdas são conseqüentemente reduzidas graças ao *Atuação Responsável* pela melhoria de desempenho das indústrias em geral (ABIQUIM, 2003, p. 2).

2.6.5 Sobre o Subitem 13.6.2, Alíneas a, b e c da NR 13

3.6.2. Constitui risco grave e iminente a falta de qualquer um dos seguintes itens:

- a) válvula ou outro dispositivo de segurança (DS) com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalada diretamente no vaso ou no sistema que o inclui;
- b) DS contra bloqueio inadvertido da válvula quando esta não estiver instalada diretamente no vaso;
- c) instrumento que indique a pressão de operação (CURIA; CÉSPEDES; NICOLETTI, 2013, p.267).

A alínea a é lógica na medula, pois a integridade física do equipamento estático pode ser comprometida com mudanças na estrutura íntima do material (grão da liga que o compõe) se a pressão operacional se mantém acima do valor da PMTA, podendo ocorrer trincas, fissuras, rompimento da parede do vaso, etc., tudo podendo ainda desembocar em explosão e em todas as conseqüências advindas do vazamento do produto contido (inflamável, tóxico, corrosivo), quase sempre nocivas ao ambiente, ao ser humano e ao patrimônio (CUMO; NAVIGLIO, 2000, p. 51-91).

Para a alínea b, são algumas das muitas considerações possíveis e cabíveis sobre a expressão “bloqueio inadvertido da válvula”, entenda-se bloqueio do DS sem observação explícita (através de plaqueta local, de indicação em tela digital na sala de controle, nos manuais de operação, nos *Piping and instrumentation diagrams* ou diagramas de tubulação e instrumentação (P&ID), nas instruções permanentes de operação, nos procedimentos operacionais de qualidade, etc.) quanto à posição de abertura do bloqueio, que normalmente deve permanecer na posição de plena abertura. Entenda-se que não estar o DS situado diretamente no vaso deve significar que a linha entre o vaso e o DS não possui bloqueio algum nesse trecho.

O alinhamento com bloqueio instalado no trecho da admissão do DS e/ou mesmo na saída do DS tem a ver com a possibilidade de configuração operacional com mais de um equipamento tendo a proteção de um único DS, o que *a priori* significa obter duas falsas vantagens, quais sejam: a economia imediata com a

redução do número de DS e a possibilidade de liberação de um ou mais dos equipamentos para intervenções de manutenção com outros equipamentos mantidos em operação, o que equivale a poder disponibilizar qualquer um dos equipamentos servidos com a proteção de um único DS para inspeções e serviços outros quaisquer, onde a parada operacional é requerida.

Na alínea c, a pressão indicada deve ser correta e confiável, podendo o manômetro ou indicador de pressão (PI) ser local ou remoto.

Não deve ser esquecido que o custo de investimento de DS e válvulas de bloqueio e linhas necessários a garantir-se o equipamento mecânico estático sempre protegido contra sobrepressões é muito inferior ao investimento requerido pelo correspondente vaso de pressão ou pela caldeira munida do DS e sistema composto de válvula de bloqueio, linhas e demais acessórios. Por maior razão, tem valor bem menor do que o custo de investimento devido a toda uma unidade industrial por menor capacidade que a mesma apresente. Por conseguinte, sem sombra de dúvida alguma, ganhos de redução sobre o custo de investimento relativo a DS, válvulas de bloqueio, linhas e demais acessórios não devem justificar incremento algum sobre o conseqüente risco industrial provável de advir de tal medida.

Perceba-se, ainda, que há valores para reforçar ainda mais a posição anterior e, para tanto, basta que se considerem e/ou sejam computados os montantes a serem pagos a maior por prêmios de seguro industrial em decorrência de riscos maiores a serem assumidos, além da ocorrência de lucro cessante para o caso de ocorrência intempestiva de sobrepressões que comprometam equipamentos ou a unidade fabril como um todo.

Pode-se pensar que negligenciar o cumprimento da NR 13 pode acarretar problemas às caldeiras e vasos de pressão, que isso pode significar perda de continuidade operacional em decorrência de riscos agravados em face de segurança operacional menor. Isso é responsabilidade dos proprietários desses equipamentos, empresários nas atividades econômicas em que os equipamentos estão instalados e em operação.

Tendo em vista que acidentes com vasos de pressão e caldeiras têm ocorrido na vigência da atual NR 13 (cf. capítulo 3, Quadro 15, p. 91), tem-se reforçado o que Souza (2008, p. 3, apud MELO, 2002) aponta sobre problemas

sérios que permeiam a segurança e saúde no trabalho em mar e terra brasileiros pela parte que cabe aos empresários:

De acordo com (MELO, 2002), o problema da segurança e saúde no trabalho, que tem como consequência elevados índices de acidentes de trabalho, está vinculado à conceituação global de desrespeito aos indivíduos e às leis. Os empresários tratam a segurança no trabalho não como investimento, desconhecendo os benefícios, ou retorno para a empresa, provocando a falsa ideia de que esta é uma área mais assistencial do que técnica, sendo considerada como mais um “benefício” para os operários e uma área de conflito com a produtividade.

O governo brasileiro, certamente, não tendo como fugir da realidade de acidentes que assola a sociedade brasileira, deve instituir o Quadro Nacional de Inspectores de Caldeiras e Vasos de Pressão nos moldes da instituição americana, conforme cita Souza (2008, p. 3):

[...] (The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors), instituição americana que acompanha as ocorrências com caldeiras e vasos de pressão nos EUA nos últimos anos após padronizar seu processo de relatórios para unificar as estatísticas de incidentes em 1991, com o objetivo de criar um consistente e preciso banco de dados que poderiam render um método mais confiável de identificar as causas de acidentes com caldeiras e vasos de pressão.

Infelizmente, o *Anuário estatístico de acidentes do trabalho* (AEAT) encerra apenas um banco de dados, não minuciosamente detalhado para caldeiras e vasos de pressão, não podendo ser utilizado como acontece na realidade americana capitaneada por instituições do quilate do The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors.

O Apêndice K deste trabalho apresenta uma crítica sobre o emprego de válvula de bloqueio em série com DS. Documentos de reconhecida credibilidade universal são usados para isso: (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1994; KLETZ, 1993; ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO, 2002).

Verificam-se a concordância americana com o emprego de bloqueio em série com DS, mas não pelo lado do acadêmico inglês Trevor Asher Kletz (Trevor A. Kletz ou Trevor Kletz), ponto que deve ser observado quando do emprego do cumprimento do subitem 13.6.2, alíneas a, b e c, da NR 13. Por prudência, uma vez

que não há vantagem econômica alguma que decorra do uso da permissão da norma americana (API RP 520, 1994), as unidades industriais devem ser adequadas para que não se permita empregar válvulas de bloqueio em série com DS, o que se conforma como um procedimento seguro com relação a caldeira e vaso de pressão, bem como para toda e qualquer aplicação de DS. Deve-se, portanto, assegurar a disponibilidade de atuação do DS a qualquer instante, independentemente da intervenção do ser humano sobre o equipamento ou sistema protegido. O documento da ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT) é essencialmente focado na prevenção de acidentes, inclusive, muito além de não se ter válvula de bloqueio em série com DS, posiciona-se no subitem “7.6 Sistemas de segurança” favorável à redundância de sistema de segurança (OIT, 2002, p. 57):

7.6.3 Para prevenir falhas dos componentes ligados à segurança, a gerência operacional deve propiciar maior confiabilidade a esses componentes, por exemplo, recorrendo à “diversidade” (sistemas diferentes fazendo o mesmo trabalho) ou à “redundância” (sistemas idênticos executando a mesma tarefa).

Pelo exposto, a NR 13, por ser uma norma alinhada com a prevenção de acidentes, deve evoluir e alinhar-se com as propostas dos trabalhos da OIT e do acadêmico britânico Trevor Kletz.

Muito falta à NR 13 para transformar-se numa norma de gestão, de utilidade em SGS&SO (SOUZA, 2008), o que não perfaz absolutamente o seu objetivo. Também, depende de normas e procedimentos técnicos para poder ser aplicada a sistemas industriais, os quais se inseridos fossem na NR 13, a mesma haveria de apresentar dificuldades quando de seu manuseio e emprego. Todavia, o cumprimento pleno da NR 13 é obrigatório em instalações que disponham de caldeira(s) a vapor e/ou vaso(s) de pressão.

O treinamento de operadores de caldeiras e vasos de pressão apresenta deficiências que carecem de correção. Entretanto, o texto técnico submetido às consultas públicas realizadas em 2013 (cf. Apêndice B, itens 59 e 60) ainda mantém a mesma exigência curricular original dessa norma para candidatos a operadores de caldeiras e vasos de pressão. Sobre isso, o Apêndice L encerra uma breve crítica aos anexos I-A e I-B da NR 13.

O uso de técnicas de inspeção não intrusivas (INI) para avaliação da integridade dos equipamentos categorizados pela NR 13, bem como a extensão de sua aplicação aos trechos de tubulação que interligam equipamentos categorizados, representam um considerável avanço dessa norma. Atendem à modernização experimentada pela constante evolução das técnicas INI de equipamentos e tubulações ao tempo que a NR 13 se fortalece para prevenir acidentes graves devidos a rompimentos de tubulação e garantir a atualização e disponibilização em tempo real de informações e dados seguros sobre a vida residual dos equipamentos. Tem-se, portanto, coerência com a realidade de acidentes sobre rompimentos de tubos que a indústria tem experimentado e o uso de modernas e eficazes técnicas de INI disponíveis pela tecnologia. Mesmo antes dessa vinculação legal das técnicas de INI para uso pela inspeção das fábricas acontecer, ensaios de ultrassom, por exemplo, já são empregados pelas equipes de manutenção de grandes e importantes empresas nacionais. A técnica de INI é uma realidade frequentemente vista em empresas no exterior desde muitos anos atrás e os bons resultados alcançados pela mesma conformam a sua importância para a prevenção de acidentes que se busca alcançar para as indústrias nacionais.

Sendo a NR 13 uma norma cuja aplicação compulsória pelo empresariado conota um ato de prevenção de acidentes, pois obriga que a instalação (caldeira(s) e/ou vaso(s) de pressão) estar com todos os seus itens de projeto corretamente atendidos, com a manutenção atendida e com os operadores devidamente treinados, o que implica em manter os riscos operacionais em níveis mínimos, a mesma pode e deve também ser entendida como uma norma social que se preocupa com a saúde e a segurança ocupacional dos trabalhadores. A saúde dos trabalhadores, a preservação dos ativos (caldeira(s) e/ou vaso(s) de pressão e demais bens próximos) e a não agressão ao meio ambiente que pode advir da perda de estanqueidade desses equipamentos mecânicos estáticos equivalem a manter o negócio em que se inserem esses equipamentos de forma sustentável. Isso decorre do emprego dessa norma e se harmoniza com o Programa *Atuação Responsável*.

2.6.6 Limites de Tolerância na Calibração de Válvulas de Segurança

Os códigos ASME VIII e I são usados universalmente para aceitação da qualidade do serviço de calibração de válvulas de segurança. O SPIE, com o

propósito de ser rigoroso, coloca-se favorável ao cumprimento dos itens 13.1.4 e 13.6.2 da NR 13, que conflitam com o código ASME VIII, no tocante à pressão de abertura da válvula de segurança, que pela NR 13 deve ser igual ou menor que a PMTA, quando se sabe que o equipamento pode atingir valor maior que essa pressão após a abertura da válvula de segurança ocorrer. Essa subida da pressão acontece até que seja atingida a atuação plena da SV. Observa-se, assim, uma sobrepressão, a qual deve ser definida pelo código de projeto, cujo valor não deve ser ultrapassado.

O código de projeto é exigido explicitamente como condição fundamental para o enquadramento de caldeiras e vasos de pressão na NR 13, que, sendo limitadora da pressão de ajuste das válvulas de segurança, contrapõe-se à prescrição do código ASME, o que tem se constituído em problemas para grandes e importantes empresas que realizam serviços de calibração de válvulas de segurança. Esse rigor imposto pela NR 13 não se traduz em aumento algum para a segurança operacional dos equipamentos categorizados ou não pela mesma.

Santos, Gazini e Carvalho (2013, p. 2184) ressaltam que “a rigorosa interpretação não é respaldada pelo *Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão* nem” pelo documento “Guia de Inspeção nº 10 do IBP”. Concluem que o rigor da NR 13 nos itens supracitados geram “custos adicionais e inconvenientes” por imporem retrabalhos em válvulas de segurança devidamente aprovadas, em conformidade a padrões de calibração aceitos internacionalmente para esse tipo de DS. Colocam-se, por fim, favoráveis à utilização de limites de tolerância de calibração estabelecidos pelos códigos de projeto. Portanto, fica esse ponto a ser melhorado numa revisão futura da NR 13, provavelmente após a versão que está para ser publicada com base no texto técnico proposto na consulta pública realizada em 2013, já que isso não está tratado no texto técnico posto em consulta. Enquanto isso não acontecer, deve a NR 13 ser cumprida regamente pelos proprietários de caldeiras e vasos de pressão instalados no Brasil, não se devendo apenas atender ao código ASME.

CAPÍTULO 3

ESTUDOS DE CASOS À LUZ DA NR 13

Investigam-se resultados da aplicação da NR 13 no país, apesar da informação a seguir, constante em (SOUZA, 2008, p. 3, apud MAGRINI, 1992):

[...] no Brasil não se dispõem de dados estatísticos da frequência de acidentes com caldeiras devido à inexistência de programas com esse objetivo nas instituições governamentais. Porém, a gravidade de uma série de casos é de conhecimento geral (MAGRINI, 1992).

Apesar da colocação de Sousa, Vecchi (2009, p. 24-33) apresenta fotos e breve descrição com dados sobre acidentados, dispostos no Quadro 15.

Quadro 15 – Acidentes com caldeiras a vapor e vaso de pressão no Brasil

CIDADE	ESTADO	EQUIPAMENTO	ANO	MORTOS	FERIDOS	ESTADO GRAVE	CIDADE
Itabuna	MT	Caleira	1998	4	ND	ND	Itabuna
Sananduva	RS	Caldeira	1986	1	ND	ND	Sananduva
Duque de Caxias	RJ	Caldeira	ND	3	16	9	Duque de Caxias
Fortaleza	CE	Caldeira	ND	11	> 30	ND	Fortaleza
Belém	PA	Caldeira	ND	1	14	ND	Belém
Belo Horizonte	MG	Caldeira	ND	7	3	3	Belo Horizonte
Curitiba	PR	Caldeira	2000	2	8	ND	Curitiba
Campo Grande	MS	Caldeira	ND	2	13	ND	Campo Grande
Contagem	MG	Vaso de pressão	2008	3	2	2	Contagem

Fonte: (VECCHI, 2009, p. 24-33).

ND – não disponível pela fonte dos dados.

As estatísticas mostradas antes são deveras significativas e preocupantes e isso induz a pensar-se sobre a gravidade daqueles eventos e a agravante consequência decorrente da não centralização de ações governamentais para análise de suas causas e para a tomada de ações visando a mitigação ou a eliminação dos indesejáveis efeitos catastróficos ainda presentes em empresas instaladas no Brasil. Por conseguinte, tem-se que existe alguma estatística sobre acidentes no país, todavia inexistente um organismo que atue dedicado a realizar a sistematização das informações e dados concernentes a esses eventos.

As apreciações que se seguem alicerçam-se em dados abertos sobre acidentes, disponibilizados para consulta de interessados no tema. Não foi feita análise de consistência alguma, aceitando-os como corretos (sérios e verdadeiros). Admite-se como plena a credibilidade pública das instituições responsáveis pela publicação dos dados supracitados.

3.1 O CASO BAIANO DO COMPLEXO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI

Observa-se que a ocorrência de acidentes tem diminuído ao longo do tempo nas empresas de processo localizadas no Complexo Industrial de Camaçari (COFIC, 2007, p. 38).

É público o fato de que as empresas situadas no município de Camaçari estão enquadradas ou se encontram em processo de adequação à NR 13.

No *Relatório de atividades 2006* (COFIC, 2007) está apresentada estatística sobre os trabalhadores que sofreram acidentes com afastamento (CAF) e sem afastamento (SAF) para o período de 1997 a 2006, tanto para empregados do efetivo das empresas como para os trabalhadores pertencentes às contratadas. Os dados foram transcritos para Tabela 2. Ali, entendam-se por TFAE e TFAC as taxas de acidentes referidas aos funcionários efetivos e aos contratados, respectivamente, conforme seguem:

TFAE = taxa de frequência de acidentes do efetivo = (número de acidentes do efetivo) x 10^6 / (total de homens-horas trabalhado do efetivo); e

TFAC = taxa de frequência de acidentes do contratado = (número de acidentes do contratado) x 10^6 / (total de homens-horas trabalhado do contratado).

Os valores da TFAC, SAF, no período 1997-2001, e da TFAC, CAF, no período 1997-2000, parecem ter sido corrigidos pelo COFIC em 2007 (COFIC, 2007, p. 38) relativamente às taxas apresentadas por Barbosa (2003, p. 103) apud COFIC (2001a)¹. Contudo, isso não invalida o comentário em COFIC (2007, p. 38), no qual está posto: “A taxa de frequência de acidentes com afastamento (CAF) sofreu uma redução expressiva no período 1997/2006, tanto para empregados quanto para contratados [...]”. Apesar dos valores revelados em 2001 terem sido menores (51,1 em 1997; 31,8 em 1998; 20,9 em 1999; 23,1 em 2000; 23,4 em 2001) para a TFAC na condição SAF e também na condição CAF (8,2 em 1997; 5,8 em 1998; 3,0 em 1999; 3,5 em 2000), a redução das taxas em apreciação ainda deve ser considerada significativa no período 1997-2006.

Tabela 2 – Taxa de frequência de acidentes com trabalhadores do Complexo Industrial de Camaçari de 1997 a 2006

ANO	SEM AFASTAMENTO (SAF)		COM AFASTAMENTO (CAF)	
	TFAE	TFAC	TFAE	TFAC
1997	30,5	120,1	9,2	19,8
1998	23,5	50,3	6,9	8,0
1999	17,9	30,3	3,5	3,9
2000	18,7	33,4	2,9	5,0
2001	15,2	22,3	2,5	2,1
2002	16,4	19,5	2,1	2,0
2003	24,5	19,7	2,7	1,8
2004	21,0	11,9	3,1	1,5
2005	17,4	11,8	2,9	1,6
2006	13,7	7,9	2,4	1,0

Fonte: (COFIC, 2007, p. 38).

Como pode-se ver, revela-se no período acentuado decréscimo nos afastamentos de trabalhadores acidentados no trabalho no Complexo Industrial de Camaçari.

¹ COFIC (2001a) é referência que Barbosa (2003) empregada em seu trabalho.

É interessante ressaltar que as empresas químicas e petroquímicas têm crescido em complexidade e em capacidades instaladas de produção. Com isso, as funções dos trabalhadores têm sido frequentemente adensadas com novas e complexas tarefas, situação que vem sendo amenizada graças à automatização nos processos, principalmente para as empresas mais antigas, cuja predominância de instrumentos de controle ocorre nos tipos pneumático e analógico, tem levado a mudanças no sentido da instrumentação e do controle digitais.

Desde o final dos anos 80 tem-se assistido a ocorrência de muitas mudanças nas salas de controle com a substituição de gigantescos painéis de instrumentos analógicos por diminutas telas digitais dos sistemas digitais de controle distribuído. Tem mudado, pois, a ergonomia das salas de controle.

Nos anos 90, com o advento da tecnologia digital substituindo à analógica, portanto modernizando a instrumentação das salas de controle das refinarias da Petrobras, verificou-se a “diminuição de efetivos operacionais” naquelas unidades, do que decorreu a definição de quadro mínimo, que corresponde à quantidade mínima de operadores entendida como suficiente e capaz de fazer frente às possíveis emergências da planta, enquanto os operadores comentavam – e provavelmente ainda comentem isso por lá – que “com redução do quadro mínimo, cai a qualidade da rotina”. “A diminuição de efetivos operacionais na Petrobras faz parte da política de modernização da empresa.” (FERREIRA; IGUTI, 1996, p. 131-132).

Impropriamente, consultores *ad hoc* contratados por empresários brasileiros têm a facilidade de enxergar ganhos de competitividade na redução dos efetivos operacionais quando comparados com os correspondentes em indústrias similares no mundo desenvolvido. Pode-se estender essa atitude para a indústria petroquímica e um cenário parecido pode ser facilmente apurado lá, particularmente nas empresas que implantaram as traiçoeiras recomendações de *downsizing*. Tais inconveniências e os problemas em que deságuam estão abordadas, com relevante riqueza de exemplos citados de situações que foram vivenciadas na ambiência fabril e que viraram referências de erros crassos em que dirigentes de importantes empresas acabaram cometendo na errônea caçada aos custos fixos em suas empresas, os quais são proporcionalmente bem inferiores aos custos variáveis, estando isso bem apresentado, com valiosos dados e informações por (SARAIVA, 2010), que demonstra repudiar a preocupação de dirigentes de empresas de

processo com custos fixos, quando o correto é atacar os custos variáveis, que são muito superiores aos fixos. Ululante é, pois, a falta de competência que se observa para gerir o valoroso negócio da engenharia de processo.

De 1990 a 1997, o emprego direto na indústria petroquímica na Bahia caiu de 14.083 para 6.333 empregados (BITTENCOURT, 2005, p. 74). Repetiam-se frases impensadas de que as fábricas devem ficar competitivas à semelhança das firmas dos países desenvolvidos. Isso ocorre aonde o país busca consolidar-se enquanto produtor e grande exportador de produtos petroquímicos depois de haver passado o período dos preços “cipados”, que ruíram por aqui.

Preços “cipados” corresponde à terminologia usada para os preços unitários impostos pelos empresários quando do período em que o governo brasileiro proibira a prática da importação daqueles produtos, dando proteção total ao mercado interno de produtos petroquímicos, impedindo a existência de competição por disputa de *market share* no Brasil, conforme desejado pelos empresários nacionais que mantinham asseguradas as margens desejadas para seus negócios. O preço unitário era fixado, estipulado, para cobrir o custo unitário de produção, daí para gerar o lucro unitário desejado, ou seja, $\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo}$.

No mercado competitivo, o valor do Preço é ditado pelo próprio mercado, devendo o empresário minimizar o valor do Custo para obter o maior valor do Lucro. O preço “cipado” fora uma deformidade teratológica, além de ser entendido como socialmente indigno e economicamente punitivo do consumidor, tendo servido unicamente para gerar riqueza para os empresários à custa dos consumidores brasileiros.

Na fonte citada para a Tabela 2 está informado, à página 60 daquela publicação, que o custo correlato aos acidentes em 2006 fora de 1 milhão e 500 mil reais, cifra deveras expressiva para contabilizar o que não deve acontecer, justamente onde os melhores índices TFAE e TFAC acontecem – tanto para a condição SAF como para CAF.

Os dados tabelados do COFIC revelam que a redução do índice TFAE, na condição CAF, no período mostrado ocorre inicialmente de forma abrupta (para o efetivo, de 9,2 para 6,9; para contratados, de 19,8 para 8,0) e depois a redução é gradativa e continuada. É plausível esperar-se que os elevadíssimos índices TFAE, CAF, registrados em 1997 devem ter demandado uma ação mais enérgica por parte

das empresas, principalmente sobre os cuidados com a segurança relativa à mão de obra contratada, então apresentando os piores índices.

Com um atraso de quase três décadas relativamente aos países industrializados, aonde nos anos 70 dá-se “o aumento da consciência ecológica” junto com o incremento “da pressão sindical por melhores condições de trabalho”, ocorre uma tendência crescente de regulamentação das condições de produção industrial nos setores onde os riscos para a saúde e o meio ambiente, oriundos de produtos e instalações industriais, são mais pronunciados.” (FREITAS; PORTO; FREITAS, 2002, p. 95-97). Verdadeiro é que a força sindical já é forte então, e inclusive paralisa o complexo industrial durante a greve de 1985. Por outro lado, a legislação ambiental do estado vigora, há a fiscalização do ambiente pelo Centro de Recursos Ambientais da Bahia (CRA), e a NR 13 se alinha positivamente à melhoria da segurança das unidades instaladas, fatos esses combinados com uma gama de outros projetos em curso nas unidades industriais, que corroboram com a melhoria dos índices antes relatados pelo Comitê de Fomento Industrial de Camaçari (2007) para as empresas do Complexo Industrial de Camaçari.

Ressaltem-se ainda outras melhorias evidentes àquela ocasião para as indústrias de processo: maior confiabilidade técnica dos equipamentos e instalações, dos projetos das plantas, do gerenciamento dos riscos, da organização do trabalho, das relações das indústrias, através do COFIC, então escolhido pela ABIQUIM para gestor da implantação do Programa de *Atuação Responsável* (AR) na Bahia junto às comunidades próximas às cidades Camaçari e Dias D’Ávila (BARBOSA, 2003, p. 82) e se estabelece a atuação reguladora do CRA a partir de 1991.

A implantação das exigências dispostas na versão operacional NR 13, revisão procedida em 1994, provavelmente impactam positivamente para a consecução das melhorias alcançadas, que culminam na redução dos criticados índices CAF. É provável que os empresários tenham atentado para o cumprimento da NR 13, mas isso ainda precisa ser melhor investigado junto às indústrias, já que essas informações não estão disponibilizadas para consulta por interessados no tema. Todavia, ainda se faz necessário entender mais profundamente como quantificar a colaboração dos muitos programas de segurança desde muito tempo atrás e até hoje em curso nas indústrias, os quais seguramente têm sido primordiais para a consecução de melhores estatísticas e índices representativos da segurança industrial. Também, as causas primárias dos acidentes precisam ser bem entendidas

e plenamente identificadas, pois as estatísticas frequentemente não as destringem por completo. Essa falta de informação torna as estatísticas menos valorosas, dificultando a elaboração de estudos científicos que as utilizem.

Tem-se no parágrafo anterior um fato provavelmente verdadeiro, o qual se associa coincidentemente com a fase que sucede a terceira revisão da NR 13 (Portaria nº 23, publicada no DOU, de 27.12.1994), exatamente quando as exigências para que as empresas se adequassem àquela norma passaram imediatas logo após decorrido um ano após data de correção dos erros da Portaria nº 23: 26.04.1995.

A hipótese de que a fiscalização das empresas quanto ao cumprimento da NR 13 tenha se tornado mais efetiva não deve ser desconsiderada aqui, à qual se soma o fato de que a certificação de grupos de SPIE corrobore de modo intenso para a consecução de um maior número de inspeções de equipamentos, o que é favorável à inibição de riscos e, por consequência, de acidentes. Isso é fato na Companhia Petroquímica do Sul – COPESUL, cujos resultados estão nos anais do VII Congresso de Atuação Responsável da ABIQUIM.

Na COPESUL houve aumento de inspeções dos equipamentos, daí decorrendo um maior número de recomendações. Reduziram-se riscos, tendo sido logrado aumento na segurança operacional (MORETTI; GREGGIANIN, 2003, p. 20). Todavia, semelhante acontecimento deve ainda ser investigado nas demais empresas químicas filiadas à ABIQUIM e, de preferência, para uma série temporal mais extensa de valores dos referidos dados e índices estatísticos, possibilitando uma maior observação do fato constatado na COPESUL. Essa investigação demanda muito tempo para ser feita e não se mostra viável de ser realizada neste trabalho.

Para o trabalhador contratado, a TFAC, CAF, apresenta uma redução mais acentuada relativamente ao mesmo índice para o quadro efetivo das empresas. Pode-se inferir, com relação aos contratados, que há maior cuidado dos empresários do Complexo Industrial de Camaçari, refletindo provavelmente uma exigência de treinamentos mais frequentes em segurança e uma atenção firme e responsável das empresas, com zelo e exigências sobre o contingente de trabalhadores contratados, pelo menos, semelhantemente àqueles que dedicam ao corpo do próprio efetivo.

Contudo, destrinchar os valores da TFAC para as condições SAF e CAF passa certamente por um entendimento mais aprofundado dos valores até então registrados e ainda se fazem necessários intensos esforços investigatórios. Para este trabalho, no entanto, é suficiente a verificação de que os índices TFAE e TFAC – tanto para a condição SAF e como para a CAF – sofrem reduções no período que sucede a revisão sofrida pela NR 13 em 1994, com referência ao caso-exemplo tomado como o Complexo Industrial de Camaçari.

O documento do COFIC antes abordado (COFIC, 2007) revela que a taxa de gravidade de acidentes sofre decremento no mesmo período em que as taxas de acidentes são comentadas (1997 a 2006), fato que corrobora para a justificação de que a segurança industrial apresenta ganhos de desempenho.

Os valores da taxa de gravidade estão transcritos para a Tabela 3 na página a seguinte.

Tomem-se então as seguintes definições para a taxa de gravidade de acidentes do efetivo e dos contratados:

TGAE = taxa de gravidade de acidentes do efetivo = $(\text{total de homens-horas perdido do efetivo}) \times 10^6 / (\text{total de homens-horas trabalhado do efetivo})$; e

TGAC = taxa de gravidade de acidentes do contratado = $(\text{total de homens-horas perdido do contratado}) \times 10^6 / (\text{total de homens-horas trabalhado do contratado})$.

No entendimento do que ora está apresentado estão as melhorias dos índices que sofrem a influência positiva da obrigatoriedade da NR 13, a qual se torna operacional após sofrer a terceira revisão, com versão oficial em 1994 e corrigida em 1995, dali em diante passando a ser usada pelos empresários, com expressivo sucesso.

Para o período 1997-2001, os valores das taxas de gravidade TGAE e TGAC, de modo similar ao que é antes verificado para as TFAE e TFAC, verificam-se discrepâncias entre os valores mostrados por Barbosa (2002, p. 103) apud COFIC (2001a)² e os apresentados no documento do COFIC (COFIC, 2007, p. 38), quais sejam:

– para a TGAE, nos documentos de 2001 e 2002, são 185, 394, 456 e 394 nos anos 1998, 1999, 2000 e 2001, respectivamente, contra os valores 178,

² Ver nota de rodapé à p. 93.

352, 457 e 390 nos mesmos anos 1998, 1999, 2000 e 2001 no documento do COFIC (2007, p. 38); e

– para a TGAC, nos mesmos documentos de 2001 e 2002, são 163, 385, 207 e 59 nos anos 1997, 1998, 1999 e 2001, respectivamente, contra os valores 366, 643, 150, 565 e 68 nos referidos anos 1998, 1999, 2000, 2001 e 2002 no documento do COFIC (2007, p. 38).

Tabela 3 – Taxa de gravidade de acidentes com trabalhadores nas empresas do Complexo Industrial de Camaçari de 1997 a 2006

ANO	GRAVIDADE	
	TGAE	TGAC
1997	421	366
1998	178	643
1999	352	150
2000	457	565
2001	390	68
2002	289	82
2003	66	235
2004	292	82
2005	282	35
2006	66	76

Fonte: (COFIC, 2007, p. 38).

Não foi investigada a razão das discrepâncias que podem ser decorrentes de simples correção de erros cometidos pelo COFIC e pelo mesmo corrigidos em 2007, mudança de critérios sobre os dados utilizados para a geração das taxas apreciadas dentre outras possibilidades. Qualquer que seja a causa primária das diferenças constatadas aqui, como acontece para as taxas de frequência de acidentes anteriormente abordadas, o propósito então é verificar a tendência daqueles valores ao longo dos anos que se sucedem à revisão da NR 13 feita e oficializada em 1994. Nessa linha de pensamento, apesar das observações

anteriores sobre a TGAE e TGAC, observam-se decréscimos em ambas as taxas de gravidade de acidentes no período de 1997-2006.

Devem ser ressaltados os procedimentos de inspeção de segurança de equipamentos que se firmam definitivamente em cumprimento da NR 13, obviamente aproveitando vantagens relativas aos prazos maiores decorrentes da implantação do SPIE pelas empresas, com o estabelecimento de menores custos de manutenção e conseqüentes menores perdas de produção ou a redução de lucro cessante devido à possibilidade de manutenções menos frequentes – para a existência de SPIE, conforme está na NR 13 em seus itens 13.4 e 13.5 e correspondentes subitens para caldeiras e 13.9 e 13.10 e correlatos subitens para vasos de pressão (CURIA; CÉSPEDES; NICOLETTI, 2013, p. 265-267, 270-273).

Deve-se lembrar que a adulteração e a falta proposital e/ou criminoso do registro de acidente pode ocorrer no Brasil por ter território de dimensão continental e/ou por não contar com efetiva fiscalização das empresas instaladas no mesmo. Por conseguinte, não se pode estar imune ao cometimento de erro sobre estatísticas de acidentes SAF e CAF. Em ambientes industriais de importantes empresas como as instaladas no Complexo Industrial de Camaçari, que são frequentemente fiscalizados por autoridades externas e pelos seus agentes internos e a comunidade, não se esperam incorreções sobre as informações e dados de segurança cobrindo acidentes ocorridos.

É fácil imaginar que uma padaria instalada em um município pouco expressivo nos confins deste país não venha a ter a explosão de sua pequena caldeira coberta pela mídia jornalística – inexistente ali – e que nunca chegue ao MTE o registro do óbito do operador acidentado.

Os programas de inspeção de equipamentos implantados em fábricas e os treinamentos em operação de caldeiras e vasos de pressão integram a cultura industrial moderna no país hoje e funcionam para os empresários como potentes motivadores do processo de adequação das plantas industriais à NR 13. As indústrias responsáveis, por lógica, mantêm sempre ativada a meta do programa *Acidente Zero*, em cujo objetivo está a não ocorrência de acidente algum, o que deve ser a meta de segurança indubitável para toda empresa séria e comprometida com seus funcionários e com a sociedade. Outros programas e projetos preventivistas objetivando garantir condições de segurança e saúde para os trabalhadores no país são o STOP (DUPONT, 2011), o Projeto APPOLO

(FERREIRA, 2009, p. 43-49; FLEMING; GARCIA, 1999, p. 4-7), o Programa *Risco Zero* (JAPAN INTERNATIONAL CENTER OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, 1999) e o *Atuação Responsável* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA, 2003; BERLANGER et al., 2009, p. 1-29; CHEMISTRY INDUSTRY ASSOCIATION OF CANADA, [20??]).

É fato hoje que o Complexo Industrial de Camaçari trabalha com foco na sua sustentabilidade através de muitos outros programas, o que o fez detentor de vários e importantes destaques no cenário nacional, onde se incluem:

- Projeto APPOLO;
- QSSMA (Qualidade, Saúde, Segurança e Meio Ambiente);
- auditorias de QSSMA;
- Prêmio Polo de Segurança, Saúde e Meio Ambiente;
- Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR);
- sistemas integrados de proteção ambiental;
- monitoramento ambiental do ar, solo, rios, mar e águas subterrâneas;
- eficientes sistemas coletivos de proteção ambiental;
- programas de redução de emissões atmosféricas;
- reuso da água;
- economia de energia;
- interface com os órgãos ambientais;
- diálogo aberto com as comunidades vizinhas; etc.

3.2 O CASO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS FILIADAS À ABIQUIM

Acidente industrial equivale a prejuízo para o empresário, devendo sempre ser buscada a sua devida e completa inibição e, jamais, tão somente a sua mitigação. Contudo, é óbvio que o fator humano estando sempre presente nas instalações de produção traz consigo ou pode ser responsável pela probabilidade de erro ou falha humana, assim afastando-se o valor zero para falha que possa ser a raiz de algum tipo de acidente. No entanto, há sempre a possibilidade de minimização de falha, quando se tem a mesma expressa por modelos estatísticos de sua distribuição de probabilidade.

Custos decorrentes de acidentes industriais podem suplantam o valor comercial da própria empresa, inviabilizando-a completamente. Tome-se como

exemplo, a usina nuclear de Chernobil (LLORY, 1999, p. 67-91) na antiga União Soviética e a Union Carbide em Bhopal/Índia (LLORY, 1999, p. 117-168). Portanto, todo empenho dispensado à prevenção de acidentes deve acabar sempre por alinhar-se ao índice de bom desempenho da indústria e, conseqüentemente, à requerida sustentabilidade do negócio.

Tão só o número de óbitos anual mensurado nas indústrias de processo encerra enorme dificuldade ou se mostra praticamente impossível de sofrer omissão por qualquer empresa em que óbito venha a ocorrer. Trata-se de um excelente indicador porque cadáver algum pode ser omitido no interior de qualquer indústria, sendo esse fato revelado rapidamente aos parentes da vítima, sendo em seguida feito regamente o registro do falecimento junto à Previdência Social, o que acontece rotineiramente para as empresas legalmente instaladas no Brasil em cumprimento de exigências legais em que o fato se insere.

O número de indústrias filiadas e efetivamente amostradas pela ABIQUIM é crescente no período de 2001 a 2007 (ABIQUIM, 2008) e nesse período se registram valores baixos de óbitos, cf. Tabela 4. O pensamento exposto neste trabalho é corroborado e justificado pelos confiáveis registros ora mostrados. Estão os dados apresentados na Tabela 4.

Para reforçar o exposto no parágrafo anterior, informações e dados provenientes de estudos sobre custos de acidentes de trabalho no Brasil na década de 80 são conhecidos dos empresários brasileiros. Naqueles trabalhos estão as indústrias químicas e farmacêuticas apresentando os maiores custos, às quais se seguem as do ramo de transportes e, em terceiro lugar, as ligadas às áreas de comunicação e de radiodifusão (CICCO, 1984).

O surgimento da NR 13 no final de 1994, corrigida em 1995 em seus erros técnicos de edição, coloca-se reforçando a sua importância quanto à segurança no ambiente de trabalho expressa pela obrigação de serem garantidos dispositivos de proteção aos equipamentos mecânicos estáticos, como também de outros itens igualmente importantes para a segurança industrial; e, pelo estabelecimento de prazos máximos em muitos dos seus itens para que as indústrias se enquadrem na mesma, além da fiscalização do cumprimento por parte do MTE, sem, entando, serem estabelecidas penas para o descumprimento a itens da NR 13 além das diminutas multas que aquela norma prevê, as quais estão dispostas na NR 28. Para os empresários responsáveis, que então buscam atingir maior competitividade

mercadológica para seus produtos, são todos vetores marcantes, determinantes para a efetivação do cumprimento normativo. Isso acontece no seio das indústrias de processo que estão empreendendo esforços para atingir melhorias e ganhos de produtividade e de competitividade desde o início da década de 90, justo quando a quebra do monopólio no país acontece de forma irreversível, apesar de apresentar falhas diversas no planejamento que a concebe, cuja crítica se afasta dos objetivos deste trabalho.

Tabela 4 – Óbitos em indústrias filiadas à ABIQUIM de 2001 a 2007

Ano	Nº de óbitos
2001	1
2002	2
2003	1
2004	1
2005	1
2006	0
2007	0

Fonte: (ABIQUIM, 2008).

Sendo as indústrias de processo as que apresentam os maiores custos com acidentes de trabalho (CICCO, 1984), não se trata meramente de surpresa que logo os empresários mais capazes e mais bem informados daquela realidade tenham tratado de reduzi-los através da implantação de programas correlatos ao tema, nos quais realçam-se os seguintes pontos:

- cumprimento da legislação vigente;
- implantação de programa de visitação da comunidade aos ambientes de trabalho, às fábricas;
- incremento da frequência de treinamentos em segurança industrial para os funcionários próprios e contratados e as comunidades em locais que cercam as fábricas; e
- realização de eventos de inspeção de equipamentos através de grupos de técnicos ligados à manutenção das indústrias, atribuindo-se-lhes importância

relevante quanto à análise de ocorrências indesejáveis e/ou intempestivas e no contínuo acompanhamento das condições de garantia de integridade dos mesmos, tudo acontecendo com o propósito de se inibirem definitivamente as causas prováveis de ocorrências desastrosas e catastróficas, que são comprometedoras da sustentabilidade das indústrias de processo.

Em paralelo brotam ações contundentes dos empresários, todas voltadas para a proteção industrial do ser humano, explicitamente focadas na consequente redução de expressivas cifras da contabilidade de perdas por acidentes de trabalho. Paralelamente, insurge-se ainda o movimento de cobrança dessas melhorias pela a sociedade, cuja grandeza e importância repousam no fato de ter-se constituído em verdadeiro catalisador desse processo de extermínio do elemento indesejável chamado acidente industrial.

O movimento referido antes é intensificado pelas participações dos trabalhadores e dos sindicatos cada vez mais atuantes, com todos os atores presentes e efetivos em cobranças nos ambientes de fábrica, bem como pelas comunidades que rodeiam as indústrias ativas.

Cabem às empresas a criação e a “implementação” de programas de redução de custos industriais atrelados a planos de produção mensal, semestral, anual, etc. Disso resulta uma melhor capacitação técnica dos trabalhadores próprios e contratados, tudo convergindo para o atingimento de melhores resultados pelas empresas, isto é, para aquelas indústrias de processo que sobrevivem no Brasil após a abertura do mercado nacional para produtos importados. Todo esse processo e mudanças ocorrem intensamente em fábricas localizadas na Bahia nos municípios Camaçari e Dias D’Ávila a partir dos anos 90.

Muitas empresas sucumbem naquela histórica ocasião porque não são e porque jamais se tornam competitivas no país, podendo-se citar, como exemplo, as indústrias do setor da química fina instaladas na Bahia.

Tem-se, pois, que a redução do número de óbitos anual e do número de acidentes por milhão de horas de exposição dos trabalhadores nos ambientes de processo são verdadeiros testemunhos nacionais que explicam a melhoria alcançada no quesito segurança, a qual permeia os bons resultados reportados pelas indústrias de processo brasileiras hoje.

No conjunto das ações executadas no país, a NR 13 – principalmente após sofrer a sua terceira revisão em 1994 e ter sua publicação efetiva em 1995,

com o estabelecimento de prazos para que as empresas se adequem às suas exigências – certamente corrobora para que os resultados positivos dos dois indicadores abordados no parágrafo anterior aconteçam.

Sem sombra de dúvida alguma, uma investigação maior e mais profunda, a qual não se alinha com o propósito deste trabalho, além da percepção qualitativa sobre a importância da NR 13 a despeito da redução de óbitos anual e do número de acidentes por milhão de horas trabalhadas, inclusive para saber-se que acidentes estão referidos a caldeiras e vasos de pressão, com suas causas-raízes identificadas, faz-se necessária para apurar-se quantitativamente o impacto nos indicadores estatísticos abordados na redução dos custos das empresas, numa comprovação derradeira da melhoria ou da resposta real que acontece no padrão de segurança das indústrias de processo.

Os dois estudos de casos apresentados sobre o Complexo Industrial de Camaçari encontram-se sintetizados em artigo técnico publicado nos anais eletrônicos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (MARTINS; MELO; FONTES, 2013b).

3.3 O CASO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Sabem-se que alguns setores industriais ainda caminham lentamente na implantação da NR 13, sendo o setor sucroalcooleiro um deles. As causas desse descompasso situacional verificado nas usinas frente à NR 13 foram apontadas pelo JORNAL CANA³ (GSO, 2007, p. 83):

– Por várias razões, sendo a mais importante a falta de conhecimento da norma e das responsabilidades do usuário e do fabricante.”

[...] algumas usinas já iniciaram um trabalho sério, no entanto a grande maioria de outros setores (Químico, Petróleo, Papel e celulose), pois, enquanto estes são fiscalizados sistematicamente por órgãos competentes e cumprem a rigor a norma, temos usinas

³ Publicação que existe desde 1988, ou melhor, há 26 anos, e que trata de matérias envolvendo tanto técnicos e engenheiros de usinas, como fornecedores de serviços, dirigentes de empresas, empresas de fornecedores de equipamentos, sindicatos de trabalhadores e de patrões – ambos os lados, etc. Muitas de suas matérias publicadas dizem respeito ao atraso no cumprimento da NR 13 pelas usinas de açúcar e álcool, mas também têm revelado elogios às empresas que têm procurado adequar seus parques industriais a essa norma regulamentadora.

que desconhecem a quantidade de vasos que compõem a sua planta industrial.

Com relação às usinas de açúcar e álcool, Moreno (2008, p. 29) informa que “os principais problemas construtivos dos vasos em operação estão relacionados à montagem dos equipamentos em campo, falhas no atendimento da norma construtiva e defeitos em soldas.” Moreno ainda revela que “Há também riscos sérios na terceirização da fabricação por isso é preciso ter critério e principalmente responsabilidade de quem faz e de quem compra.”

Em 2013 há clara demonstração de que os usineiros despertam definitivamente para o cumprimento da NR 13 em suas instalações fabris, inserindo em sua pauta de reunião debate sobre a realidade das usinas, que cobrem os resultados refletidos por seus específicos indicadores e a adequação das fábricas à NR 13 (RICCI, 2013a, p. 53).

Os usineiros estão atentos ao enquadramento de seus sistemas industriais envolvendo equipamentos mecânicos estáticos com relação ao devido enquadramento e categorização dos mesmos pela NR 13. Como exemplificação disso, Machado (2013, p. 65) impõe realce aos acumuladores ou garrafas das moendas. Mantê-los em boas condições significa tratá-los como vasos de pressão em conformidade à NR 13, o que proporciona aos usineiros assegurarem continuamente elevados rendimentos de extração do caldo de cana, causando impacto positivo sobre os resultados das produções de açúcar e álcool. Vê-se aqui que o cumprimento da NR 13 através de uma adequada gestão de manutenção em usinas não deve apenas prolongar a vida útil dos equipamentos, mas junto a isso espera-se gerar lucros deveras interessantes para aquele negócio.

Contundente é o registro (MORENO, 20--?) sobre erro no processo de compra de vaso de pressão por usineiros no passado e, o que é ainda mais grave é que tais equipamentos continuam alinhados ao processo produtivo e em plena operação, então caracterizada por perigosa à luz das normas e códigos de projeto. À luz da legislação, os usineiros devem ser compelidos a procederem o sucateamento imediato daqueles equipamentos em seus próprios sítios de produção, com posterior encaminhamento das sucatas ferrosas para reprocessamento em usinas siderúrgicas:

A aquisição pura e simples de equipamentos pressurizados com base em critério econômico, considerando somente o custo inicial da aquisição, é um grande equívoco, uma vez que a vida útil estimada desses tipos de equipamentos pode ser superior a 30 anos, e os custos de manutenção e operação são muito superiores aos de aquisição.

[...] a aquisição de equipamentos que não atendam requisitos mínimos dos códigos e normas geralmente provoca perdas de produção e graves acidentes.

O setor sucroenergético tem realizado nos últimos anos um grande esforço para corrigir um passado de equipamentos mal projetados, mas muitas empresas ainda possuem um grande número de equipamentos mal projetados.

Todo e qualquer vaso de pressão que for adquirido a partir desta data deverá ser adquirido mediante uma especificação técnica elaborada por profissional competente.

Eventos sobre o Código ASME e a NR 13 têm acontecido para trabalhadores de usinas de açúcar e álcool como o coberto por (MACHADO, 20--?), o que denota que os usineiros estão tomando decisões corretamente dirigidas à segurança industrial e à saúde dos trabalhadores usineiros.

Ricci (2013b, p. 94) deixa claro que as usinas de açúcar e álcool estão deveras preocupadas com a segurança e a saúde dos trabalhadores, respeitando as exigências das NR vigentes, dando destaque aos itens documentação exigida, controles e treinamentos no que tange à NR 13, bem como às NR 10, 12, 20, 33 e 35, devendo todos estarem preocupados em manter seus negócios sustentáveis:

As frequentes revisões das NR, que passam a exigir com mais eficiência a segurança dos processos operacionais, estão fazendo com que as empresas sucroenergéticas do setor desenvolvam tecnologias e programas de segurança que garantam a saúde e o bem-estar do trabalhador, como forma de evidenciar a sustentabilidade do setor.

A maior ênfase dada pelos usineiros à qualidade dos projetos dos equipamentos estáticos mecânicos, ao cumprimento de prazos de fabricação e ao atendimento das NR e do Código ASME já permeia a ambiência de fabricantes desses equipamentos, que têm inserido tais itens supracitados na divulgação de seus produtos, conforme fez a empresa Brumazi (FÁVERO, 2013, p. 96).

É mister frisar que nos 3º e 4º Encontro Sucroenergético de Mato Grosso foram ministradas as palestras com os seguintes títulos:

- a) Gestão da NR 13 na prática (MORENO, 2013, apud SENAI-MT, 2012);

b) Manutenção preditiva, preventiva e corretiva (SENAI-MT, 2013).

A realização desses eventos (MORENO, 2013) parece sinalizar para a preocupação ora presente nos usineiros quanto à manutenção em seus equipamentos e ao cumprimento da NR 13 em suas instalações produtoras de açúcar e álcool. Sem sombra de dúvida alguma, há a preocupação do setor sucroalcooleiro em se mostrar visível para sociedade e cada vez mais um negócio a ser preservado por seus proprietários e isso está exposto desde o segundo evento em 17 de março de 2011: “Eventos como esse são muito importantes para dar visibilidade à atuação das indústrias, bem como para discussão de temas pertinentes à eficiência produtiva e para a troca de experiências bem-sucedidas” (CRA-MT, 2011).

É provável que os atrasos no cumprimento da NR 13 atrelem-se a problemas na capacidade de implementar projetos NR 13, mas isso ainda requer uma investigação junto às usinas paulistas. Todavia, com as usinas cariocas uma dificuldade é revelada por Rodrigues et al. (2009, p. 11), cujo estudo revela que o setor sucroalcooleiro em Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, dentre outras observações registradas sobre três importantes empresas instaladas ali, que as empresas “possuem baixa capacidade de inovação, criando a necessidade de investimentos imediatos, sobretudo no que diz respeito à inserção de novas tecnologias, para garantir sua sobrevivência e melhorar sua competitividade no mercado interno e externo.” Por conseguinte, precisa-se investigar melhor as causas que têm mantido as usinas ainda por cumprirem a NR 13.

Manter uma planta segura deve ser consequência de estar-se com os dispositivos de segurança (DS) corretamente projetados e instalados em pleno atendimento à NR 13, com as rotinas de manutenção dos equipamentos em dia e apresentando plena qualidade. Técnicas de INI têm sido utilizadas frequentemente na indústria de processo no acompanhamento da vida residual dos equipamentos mecânicos estáticos. Trata-se de importante ferramenta que se acopla perfeitamente à NR 13 e auxilia no seu cumprimento, já perfeitamente dominada por grandes empresas usuárias, conformem revelam as publicações de artigos técnicos através principalmente da Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção (ABENDI). Igualmente, verifica-se isso através do SPIE ou de um corpo técnico contratado para realizar inspeções visando à detecção de riscos que podem

comprometer a continuidade operacional do processo da unidade fabril. Isso deve significar a implantação da filosofia da SPBR.

CAPÍTULO 4

EMPREGO METODOLÓGICO DA NR 13

A NR 13 apresenta vacâncias quanto a ferramentas e procedimentos técnicos de apoio que viabilizem a sua aplicação a unidades industriais, o que está abordado no capítulo 2 deste trabalho, item 2.5. Esse fato justifica o presente capítulo.

4.1 APLICAÇÃO DA NR 13

Essa norma deve ser aplicada tanto para unidades existentes quanto em projetos de novas plantas, pois toda e qualquer unidade que disponha de equipamentos mecânicos estáticos projetados com normas e/ou códigos de projeto aplicáveis a vasos de pressão e caldeiras a vapor (desde que se destinem ao emprego operacional sob condições que apresentem criticidades não maiores que as consideradas nos seus projetos originais, que se mantenham caracterizadoras de caldeiras a vapor e vasos de pressão) estão obrigados a cumprir as exigências da NR 13.

O parágrafo anterior compreende um entendimento tácito sobre a NR 13, uma vez essa norma não explicita que a categorização de um equipamento deve ater-se à necessidade do mesmo ser operado em condições nunca mais críticas que aquelas concebidas pelo seu projeto, não se devendo aplicá-la a equipamentos não enquadráveis na NR 13 como tanques atmosféricos ou a qualquer equipamento dispondo de *vent* livremente alinhado para a atmosfera, além das exceções contidas no Quadro 8 ou no Quadro 9 do Apêndice M.

Sobre a colocação anterior, o subitem 13.3.12 da NR 13 estabelece:

Constitui condição de risco grave e iminente a operação de qualquer caldeira em condições diferentes das previstas no projeto original, sem que:

- a) seja reprojetaada levando em consideração todas as variáveis envolvidas na nova condição de operação;
- b) sejam adotados todos os procedimentos de segurança decorrentes de sua nova classificação no que se refere a instalação, operação, manutenção e inspeção.

De modo similar, para vasos de pressão, o subitem 3.8.11 diz:

Constitui condição de risco grave e iminente a operação de qualquer vaso de pressão em condições diferentes das previstas no projeto original, sem que:

- a) seja reprojetaada levando em consideração todas as variáveis envolvidas na nova condição de operação;
- b) sejam adotados todos os procedimentos de segurança decorrentes de sua nova classificação no que se refere a instalação, operação, manutenção e inspeção.

As mudanças nas condições de operação que exigem a recategorização de caldeiras ou vasos de pressão embutem em si a manutenção tácita das características funcionais desses equipamentos, ou melhor, as caldeiras devem operar como caldeiras e os vasos de pressão como vasos de pressão. Apenas as condições operacionais é que devem mudar, exigindo-se fazer o projeto NR 13 para os mesmos, ou seja, devem ser atualizados toda a documentação de projeto desses equipamentos antes de recategorizá-los pela NR 13.

4.1.1 Projeto de Adequação de uma Planta Industrial Existente à NR 13

Como na seção I do código da ASME, a NR 13 também determina assegurar a existência de DS para proteger equipamentos estáticos localizados em unidades industriais de modo a evitar-se que diferenciais de pressão sobre as paredes de caldeiras a vapor e vasos de pressão quando em operação, respeitando-se limites pré-determinados para esses equipamentos em função da resistência mecânica dos materiais de que são fabricadas, de conformidade ao código de projeto adotado, nunca devendo-se permitir ultrapassar-se o valor da PMTA de cada equipamento. Os equipamentos mecânicos categorizáveis pela NR 13 são estáticos, sendo o universo dos mesmos delimitado pelo item 1 do Anexo III da NR 13.

Plantas industriais de processo, como as petroquímicas básica e de segunda geração do Complexo Industrial de Camaçari foram importadas do exterior nas décadas de 70 e 80, principalmente. Naquele tempo a NR 13, criada em 1978, ainda não apresentava um formato que viabilizasse o seu emprego no Brasil nem no exterior por empresas exportadoras de caldeiras a vapor – como a Mitsubishi, por exemplo – e justo por isso equipamentos importados não foram adequadas à NR 13.

À luz da NR 13, trata-se de não conformidade, que deve ser corrigida de imediato sob o cumprimento rigoroso da legislação vigente, cabendo todos os ônus desse processo ao proprietário dos equipamentos. Auditor do trabalho, PH ou engenheiro de segurança detêm o poder legal de solicitar a imediata correção de não conformidades existentes.

É válido pensar-se sobre os vasos de pressão que somente após a terceira revisão da NR 13 é dada a essa norma a operacionalidade requerida para que possa ser aplicada, somente após o ano de 1994 os projetos NR 13 começam a acontecer efetivamente no Brasil (a NR 13 somente é exigida no Brasil, em caldeiras e vasos de pressão instalados no solo brasileiro ou em plataformas *offshore*) em empresas química e petroquímicas, de refino de petróleo e gás, que se encontram em operação.

Ativos de empresas estatais brasileiros aderem ao cumprimento da NR 13. Contudo, o setor sucroalcooleiro ainda apresenta muito o que fazer para ter suas unidades adequadas à NR 13, o que parece estar começando a mudar na presente década.

As unidades petroquímicas são corretamente projetadas respeitando critérios de segurança contra a ocorrência de sobrepressão diferencial (nas paredes dos equipamentos mecânicos estáticos) além dos máximos valores de pressão rigorosamente determinados em conformidade a códigos de projeto e normas técnicas específicas estrangeiras, que obedeceram a critérios de projeto praticados nos países em que foram originadas (Estados Unidos, Japão, Inglaterra, etc.). Portanto, os ditos critérios tendo aceitação universalizada à época da realização dos projetos das unidades de vasos de pressão e caldeiras a vapor são aceitos como plenamente válidos no Brasil para proteger os equipamentos então dimensionados. São essas unidades, com décadas de vida operacional, que este trabalho objetiva atender, contribuindo para a elaboração do projeto NR 13.

Os dispositivos de segurança (DS) para unidades petroquímicas, caldeiras, plantas criogênicas de produção de gases industriais, etc., são dimensionados para equipamentos tanto dinâmicos (como bombas, compressores, turbinas, etc.) quanto estáticos (tais como filtros, torres, reatores, vasos de pressão, etc.) em conformidade às normas vigentes nos países em que as unidades ou as partes integrantes dessas plantas são projetadas e construídas e/ou montadas (para depois serem destinadas e instaladas no Brasil), com aceitação mundial e com

correto emprego nos projetos em que são colocados. Entre as normas e padrões adotados, incluem-se os da American Petroleum Association (API) e os da ASME.

Com frequência, projetos NR 13 têm revelado não obediência e/ou aplicação dessa norma às unidades industriais antigas, geralmente com projetos antecedendo 1994, ano que assinala a revisão sofrida pela NR 13 e que a deixa operacional para uso pelos empresários. Naquele momento, a NR 13 ganha elementos para sua fiscalização pelo MTE e aplicação de penalidades em decorrência de constatação de não conformidades em unidade auditada. Em consequência disso, dois desvios apresentam-se possíveis, podendo ser detectados em fábricas de processo, quais sejam:

- equipamentos mecânicos estáticos protegidos com DS contra sobrepressão (acima da pressão de projeto do equipamento) e tendo o produto $P \times V$ baixo valor $P.V \leq 8$, fato suficiente para dispensar o emprego de DS (cf. Anexo III, item 1, alínea a, da NR 13, onde consta que o produto $P.V$ tem o valor P da máxima pressão de operação em kPa e o volume geométrico interno do equipamento V deve ser tomado em m^3 – desde que a classe do fluido não seja “A”) (cf. Anexo III, item 1, alínea b, da NR 13);

- equipamentos com $P.V > 8$ sem contar com DS contra sobrepressão diferencial sobre as paredes, o que perfaz risco grave e iminente à luz da NR 13.

Pelo 1º desvio citado, tem-se que a NR 13 pode inclusive dispensar proteções contra sobrepressões diferenciais nas paredes de equipamentos mecânicos estáticos projetados antes do advento dessa norma regulamentadora brasileira, mas proprietário algum desse tipo de equipamento costuma remover DS instalado; e, em havendo tal possibilidade, tem-se que a NR 13 não se caracteriza como uma norma essencialmente conservadora que sempre determina a instalação de dispositivos de segurança, pois que visa unicamente proteger o indivíduo inserido no ambiente fabril em que possam acontecer eventuais elevações no diferencial de pressão sobre a parede de equipamento em operação, que sejam capazes de causar o rompimento e, conseqüentemente, provocar danos à integridade física do mesmo e de entes humanos presentes na proximidade daquela ocorrência indesejável. Mesmo assim, há quem entenda a NR 13 como uma norma de segurança conservadora para uso na ambiência fabril ou em instalações de caldeiras a vapor e vasos de pressão.

Normalmente, não se verificam dispensas ou remoções de DS instalados em plantas que são adequadas à NR 13, pois atenção alguma é dispensada a equipamento munido de válvula de segurança ou de alívio, tendo RD ou possuindo *buckling-pin* ou *breaking-pin relief valve*. A ênfase recai unicamente nos equipamentos e seus sistemas componentes que não possuem dispositivo algum de segurança. Por conseguinte, em havendo DS instalado, nada mais é feito, ou seja:

- não é checada a adequação ou não do DS quanto à capacidade do mesmo, ao tipo de DS usado, à compatibilidade do material utilizado com o fluido, ao projeto de instalação, ao encaminhamento do efluente, dentre os pontos passíveis de apresentar algum tipo de não conformidade;

- não é verificada a possibilidade do DS ser removido por ser desnecessário, o que até possibilitaria o seu reuso numa aplicação que o requeresse de fato.

Um projeto NR 13 não deve deixar de avaliar a correção exigida para o dimensionamento e a especificação de DS para cada equipamento mecânico estático coberto pela NR 13 sob pena de resultar em risco grave e iminente (cf. Quadro 1).

Quando confirmada a categorização de equipamento mecânico estático pela NR 13, deve-se reavaliar a adequação do DS empregado para proteger o vaso de pressão ou a caldeira (cf. 2.6.1, p. 76), especialmente quando o cenário contemplar a ocorrência de fogo externo, verificando-se ou checando-se a capacidade do dispositivo de aliviar o fluido.

A ocorrência de fogo pode dar-se quando no projeto daquele sistema restar(em) condição(ões) propícia(s) à inicialização de fogo naquela área. Cumo e Naviglio (1989, p. 54-56) destacam os três fatores a considerar na análise: a presença de radiação térmica; o lançamento de substâncias perigosas; e indesejáveis explosões.

São elementos favoráveis à radiação térmica: fogo de líquidos inflamáveis estocados em tanques e vasos; fogo de acúmulos de líquidos (piscina) sobre o piso da área industrial (nas caixas de contenção); fogo de correntes gasosas escapando de um vaso ou de uma tubulação; e fogo advindo do vapor em expansão (bolas de fogo).

Para a liberação de substâncias perigosas: através da produção de substâncias perigosas durante a combustão de combustíveis presentes; pelo

aumento de temperatura em recipientes ou equipamentos contendo combustíveis; e devido a sistemas de controle e a sistemas de segurança não conformes e em operação descontrolada.

Para inibirem-se reações de iniciação de explosões causadas pelo fogo, faz-se necessário que combustíveis não estejam presentes na área de fogo. Explosões podem ocorrer tanto em ambientes confinados como em equipamento industrial ou na instalação civil (construção civil em que se situa o equipamento). Por conseguinte, é plausível pensar-se que pode acontecer que o projeto original daquele equipamento tenha considerado um cenário diferente do atual, sem avariar para tantas possibilidades de ocorrência de fogo hoje bem contempladas pelos modernos compêndios de segurança e, em virtude desse viés, o DS projetado esteja subdimensionado em consequência de premissas incompletas no momento da escolha do cenário operacional mais provável para a atuação da proteção e da realização do dimensionamento e da escolha do tipo de dispositivo a empregar.

Reverificação equivale a elaborar uma nova MC, pelo menos, para ter-se a comprovação da perfeita adequação do DS ou não. Isso demanda um custo para o cliente e é preciso convencê-lo dessa necessidade, expondo-lhe pelo menos o argumento de que o novo e mais provável cenário para uma ocorrência indesejável de sobrepressão ou subpressão é realmente diferente e mais severo que o originalmente utilizado quando do projeto do equipamento estático.

O segundo desvio constitui-se provavelmente no alvo maior da NR 13, ou melhor, objetiva munir vasos de pressão ou caldeiras a vapor de DS, se vacantes, de sorte que aqueles equipamentos possam estar sempre protegidos contra eventuais sobrepressões diferenciais operacionais – acima do valor da PMTA, valor que precisa estar atualizado por ser representativo da resistência mecânica atual do equipamento, ou pressão máxima de trabalho permitida (PMTP) atual do mesmo ou abaixo do vácuo interno permitido pela resistência mecânica da parede para vasos de pressão. O uso da sigla PMTP, por ter uso pouco frequente na indústria, é preterido neste trabalho e em seu lugar é empregada tão só a notação PMTA a partir deste ponto.

Trata-se de um conjunto de critérios técnicos brasileiros para o projeto de equipamentos mecânicos estáticos, de aplicação simples quer em projetos novos como em unidades antigas que estejam ainda em operação. E, graças à grande simplicidade em que se conforma, a NR 13 proporciona sobremaneira a realização

de auditorias de unidades de caldeiras e vasos de pressão por técnicos do MTE, o que também é favorável para assegurar o seu cumprimento pelas indústrias em terra e mar brasileiros.

Como consequência da própria exigência legal e da obrigatoriedade de seu cumprimento ou de sua implantação compulsória, a nível qualitativo não há como refutar-se a implicação decorrente da correta adoção da NR 13 na redução de acidentes com equipamentos mecânicos estáticos em plantas de processo relativamente a eventos indesejáveis, com atípicas elevações da pressão de operação até valores superiores à PMTA dos equipamentos estáticos, por exemplo. Entretanto, como já está frisado antes neste trabalho, verifica-se que existe carência de estatísticas sobre aquelas ocorrências na literatura técnica aberta no Brasil hoje, daí a grande dificuldade para estabelecer-se a prova quantitativa sobre o que se deve esperar para o cumprimento da NR 13, ou seja, que a NR 13 deve corroborar no sentido de abaixar ou reduzir o número de acidentes de perda de contenção em caldeiras a vapor e vasos de pressão.

A metodologia para escolha do tipo e do procedimento para o dimensionamento ou para a realização do cálculo dimensional do DS, bem como para a escolha do mesmo quando tratar-se de válvula de segurança ou outro tipo de DS, como o RD ou outro tipo qualquer, pode ser feita usando normas internacionalmente aceitas e já adotadas em projetos no Brasil.

Especialmente para válvulas de segurança, são muitas as normas que podem ser adotadas em um projeto NR 13, conforme pode ser observado no Quadro 10.

Föllmer e Schnettler (2004, p. 36) estudam o atendimento às exigências da Diretiva 97/23 EC dos Equipamentos sob Pressão para válvulas de segurança, a norma internacional é confrontada com as normas alemã e a americana para ter vários de seus parâmetros comparados, revelando-se ali diferenças para o novo tipo de válvula que foi usada nesse experimento. Constatam-se vantagens para os usuários do tipo de válvulas (Si 41/42/43 do fabricante Bopp & Reuther), os quais obedecem à Diretiva 97/23 EC. Para Föllmer e Schnettler, é dever do engenheiro de projeto especificar cuidadosamente cada PSV em função da aplicação e da norma a ser utilizada para o dimensionamento e a seleção, de sorte que atenda aos requisitos da diretiva (PED).

Quadro 10 – Normas internacionais sobre válvulas de segurança

PAÍS	NORMA	DESCRIÇÃO
Alemanha	A. D. Merkblatt A2	Pressure Vessel Equipment safety devices against excess pressure – safety valves
	TRD 421	Technical Equipment for Steam Boilers Safeguards against excessive pressure – safety valves for boilers of groups I, III & IV
	TRD 721	Technical Equipment for Steam Boilers Safeguards against excessive pressure – safety valves for steam boilers group II
Reino Unido, UK	BS 6759	Part 1 specification for safety valves for steam and hot water Part 2 specification for safety valves for compressed air and inert gas Part 3 specification for safety valves for process fluids
França	AFNOR NFE-E 29-411 to 416	Safety and relief valves
	NFE-E-29-421	Safety and relief valves
Coreia	KS B 6216	Spring loaded safety valves for steam boilers and pressure vessels
Japão	JIS B 8210	Steam boilers and pressure vessels – spring loaded safety valves
Austrália	SAA AS1271	Safety valves, other valves, liquid level gauges and other fittings for boilers and unfired pressure vessels
Estados Unidos, USA	ASME I	Boiler applications
	ASME III	Nuclear applications
	ASME VIII	Unfired Pressure Vessel Applications
	ANSI/ASME PTC 25.3	Safety and Relief Valves – performance test codes
	API RP 520	Sizing selection and installation of pressure relieving devices in refineries, Part 1 Design, Part 2 Installation
	API RP 521	Guide for pressure relieving and depressurizing systems
	API STD 526	Flanged steel pressure relief valves
API STD 527	Seat tightness of pressure relief valves	
Europa	EN ISO 4126	Safety devices for protection against excessive pressure
Internacional	ISO 4126	Safety valves – general requirements

Fonte: The Engineering ToolBox. Disponível em: <http://www.engineeringtoolbox.com/safety-valves-standards-d_439.html>. Acesso em: 20 out. 2013.

Para as PSV produzidas na Alemanha pela Bopp & Reuther comprovam-se ser válvulas que atendem às normas da Europa, dos Estados Unidos e da

Alemanha. Tal comprovação deve ser feita pelo engenheiro de projeto no momento em que está planejando a unidade, de conformidade ao país em que a instalação deve ocorrer.

Não é objetivo da presente dissertação avaliar as normas sobre DS ou de fazer um estudo comparativo entre os métodos e normas várias empregados em países diversos. Sendo assim, adota-se neste trabalho tão só as normas americanas do American Petroleum Institute (API). As normas americanas dedicadas ao dimensionamento e a seleção do tipo de válvulas de segurança são as API RP 520, API RP 521 e API S 526. Todas têm grande emprego por grandes empresas no Brasil tais como refinarias de petróleo e petroquímicas.

Cada país pode ter a sua padronização com respeito ao projeto e à fabricação dos vários tipos de dispositivos de segurança. Costumeiramente, a norma do país aonde acontece o projeto dos dispositivos de segurança dos equipamentos mecânicos estáticos deve ser respeitada, principalmente quando as empresas fabricantes de tais dispositivos seguirem o padrão local exigido legalmente.

No Brasil, tomando-o como exemplo, o dimensionamento de válvulas de segurança se alinha com os padrões da norma API.

Evidente é que a escolha da válvula de segurança no tipo apropriado ao serviço a que se destina a aplicação, com material compatível com o fluido e com as condições de trabalho, para a classe de pressão (em conformidade com o livro ou a pasta com especificações para tubulação contemplando não apenas os tubos, mas válvulas e acessórios em geral, linhas para instrumentos ou *tubings*, apresentando todas as especificações dimensionais e de materiais, respeitando-se a compatibilidade com o fluido contido e com as condições de pressão e temperatura a que podem estar submetidos, tudo isso registrado no documento *piping specification* ou *piping spec*), pode acontecer em catálogos americanos – em estreita relação com a API S 526 – ou em catálogo de fabricante alemão, por exemplo, onde normalmente tem-se uma gama maior de dimensões ofertadas e, sendo dessa forma, pode ser melhor usada ante às normas do API, pois que podem ser evitados os frequentes sobredimensionamentos permitidos para válvulas norte-americanas, cujo número de orifícios em que são classificadas é baixo. A norma americana dispõe de 15 orifícios para as válvulas de segurança, quais sejam: tipos D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, P, Q, R e T (cf. API S 526, 2002, p.2).

O custo de investimento de DS relativamente ao custo de investimento da unidade industrial que os contém é muito baixo. Por isso, não se deve pensar em economia pautada na redução do número de DS. Essa relação de custos é ainda menor se o custo de investimento da indústria for elevado, como acontece para plantas criogênicas, petroquímicas, refinarias, centrais nucleares e indústria de química fina e/ou plantas que processem algum produto de alto valor agregado. Esses fatos encerram definitivamente justificativas inibidoras de qualquer economia de custo de investimento que se relacione com DS, devendo-se coroar este pensamento pelo menor risco industrial a que o ser humano e meio ambiente estão sujeitos, o que se constitui em motivação suficiente para que os empresários deste país sejam, de fato, humanistas e ecologistas não poupando esforços ao empreenderem nobres e cuidadosos projetos de segurança industrial e, em especial, convirjam plenamente para o cumprimento da NR 13 em solo e mar nacionais.

O que está antes exposto aqui diz respeito tão só ao DS em si e para cada equipamento mecânico estático da planta, que por ventura enquadre-se na classificação ditada pela NR 13 para ter DS. Todavia, um projeto de adequação de uma planta industrial à essa norma não reside unicamente nesta pontual verificação ou identificação de vacância de dispositivo(s) de segurança.

Compete ao técnico de inspeção e aos engenheiros do projeto verificarem onde instalar DS em equipamentos.

Outro item sumamente cobrado pela NR 13 diz respeito a imperiosa necessidade de PI nos equipamentos categorizados pela mesma.

Para a implantação da NR 13 a uma unidade fabril faz-se necessário ter uma equipe técnica devidamente capacitada e treinada para desenvolver as atividades inerentes ao projeto NR 13.

A equipe de implantação de projetos de adequação de fábricas à NR 13 deve contar com profissionais habilitados (cf. subitem 13.1.2 da NR 13). A equipe mínima, conforme o know-how que possuem as empresas projetistas sobre boas práticas de engenharia levadas aos projetos NR 13 – a ser liderada por um gerente – para lograr sucesso nesse tipo projeto 13 deve ter a participação dos seguintes técnicos:

- a) dois engenheiros químicos (um pleno e um sênior) com experiência em processos industriais, com habilidades para coordenar a equipe de NR 13 e fazer a principal interface com os técnicos de processo, de

manutenção e de operação da fábrica, além de saber realizar todas as tarefas que devem levar à elaboração do livro de projeto (também chamado pasta de projeto, trata-se de documento formal em volume único ou em vários tomos, constando de todos os desenhos e documentos definidores do projeto recém-concluído e devidamente aprovados e aceitos pelo cliente), devendo caber ao sênior a responsabilidade de orientar e coordenar as atividades do engenheiro pleno – que presta apoio em todas as atividades do sênior – além de elaborar e analisar cenários operacionais sobre o processo para a atuação dos DS, escrever o PC e proceder as memórias de cálculo, fundamentalmente;

- b) um projetista capaz elaborar eventuais atualizações da documentação conforme as instalações estão montadas no campo e/ou desenhos de equipamentos e seus acessórios, isométricos e P&ID, normalmente fazendo usufruto de programas computacionais especializados para tal;
- c) um desenhista “cadista” para prestar integral apoio às atividades de desenho em atendimento aos membros da equipe;
- d) um inspetor de equipamentos experiente, capaz de identificar os sistemas, os equipamentos e os instrumentos focados no projeto NR 13, que demonstre facilidade para fácil convivência com o pessoal de operação e das áreas de qualidade e de manutenção, com os quais deve levantar informações sobre os equipamentos.

A quantidade de técnicos na equipe depende fundamentalmente do número de equipamentos e/ou de sistemas a serem analisados e da quantidade de dispositivos a serem dimensionados e da complexidade envolvendo os processos focados e, em particular, a composição, o estado termodinâmico em que os fluidos se apresentam em cenários devem ser considerados na análise. Por fim, o tempo requerido para a “implementação” desse tipo de projeto deve ser determinante para ter-se o projeto concluído com sucesso dentro do prazo programado junto ao cliente ou ao empresário.

Em plantas de poliolefinas, geralmente prazos de 8 (oito) meses a 2 (dois) anos foram verificados para fábricas com duas ou mais décadas de uso. Até 4 (quatro) meses foram empregados quase que só dedicados à atualização da

requerida documentação para aqueles tipos de plantas, antes de efetivamente começarem a ser analisadas as situações ou cenários para ocorrências de sobrepressões operacionais.

Tem-se que a NR 13 versa sobre a realização de inspeções programadas sobre equipamentos mecânicos estáticos – caldeiras e vasos de pressão – fixando prazos para que isso ocorra acertadamente, o que acaba determinando qualificações necessárias para a mão de obra a ser empregada nesse tipo de projeto, pois os projetos devem prever flexibilidades que permitam inspeções intrusivas – quando imprescindíveis se mostrarem ser –, mas minimizando perdas de produção por não disponibilização de equipamentos, entre outras possibilidades de manutenção. Sempre que for possível evitar as inspeções intrusivas deve-se optar por essa possibilidade, o que minimiza a probabilidade de acidentes com trabalhadores durante tais inspeções.

Devem ser atendidos os Anexo II (definem-se aqui os requisitos para a certificação do SPIE); Anexo III (onde se define o universo dos equipamentos em que se aplica a NR 13 e, também, aquele onde a mesma norma não deve ser aplicada); e, por último, Anexo IV (que estabelece as classes para os fluidos presentes e os grupos de potencial de risco em função do produto P.V; e, por fim, a partir da classe do fluido e do grupo de potencial de risco em que a mesma se encontra, a NR 13 estabelece a categorização dos vasos de pressão).

Apesar da existência de literatura acadêmica demonstrando a insuficiência curricular exigida pela NR 13 para candidatos às funções de operadores de caldeiras e de vasos de pressão⁴ (CRUZ; SILVA, 2004), devem ser atendidos o Anexo I-A (sobre “Treinamento de Segurança na Operação de Caldeira”, onde está determinado o conteúdo programático e a carga horária do treinamento); e o Anexo I-B (idem ao Anexo I-A para Unidades de Processo ou vasos de pressão).

No conjunto dos muitos itens e subitens componentes da NR 13, o 13.3.6 estabelece o grau de escolarização mínimo exigido para profissionais (operadores) que são submetidos a “treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras”: apresentação do atestado de conclusão do 1º grau completo. Atualmente é denominado pelo MEC por ensino médio completo (antes fora chamado ginásial e depois 1º grau). Essa nomenclatura obsoleta deve ser corrigida quando vigorar a

⁴ Cf. Apêndice L.

revisão técnica da norma realizada em 2013. Exige ainda a realização de estágio prático supervisionado, cumprindo-se conteúdo programático e carga horária estabelecida pelo Anexo I-A. Para a duração mínima dos treinamentos, têm-se 80, 60 e 40 h para caldeiras de categorias A, B e C, respectivamente (cf. NR 13, subitem 13.3.9).

Para vasos de pressão, a escolarização exigida para os participantes é também a apresentação do atestado de conclusão de 1º grau (cf. NR 13, subitem 13.8.5). Para o estágio prático supervisionado devem ser cumpridas 300 h para vasos de categorias I e II e 100 h para as demais categorias (cf. NR 13, subitem 13.8.8).

Empresas possuidoras de SPIE contam com prazos legais máximos para realizarem a inspeção de segurança periódica referente ao exame externo, exame interno e TH, sem e com SPIE, estando os prazos definidos nas respectivas alíneas a e b do subitem 13.10.3 da NR 13.

4.1.2 Projeto de Adequação de uma Planta Industrial Nova à NR 13

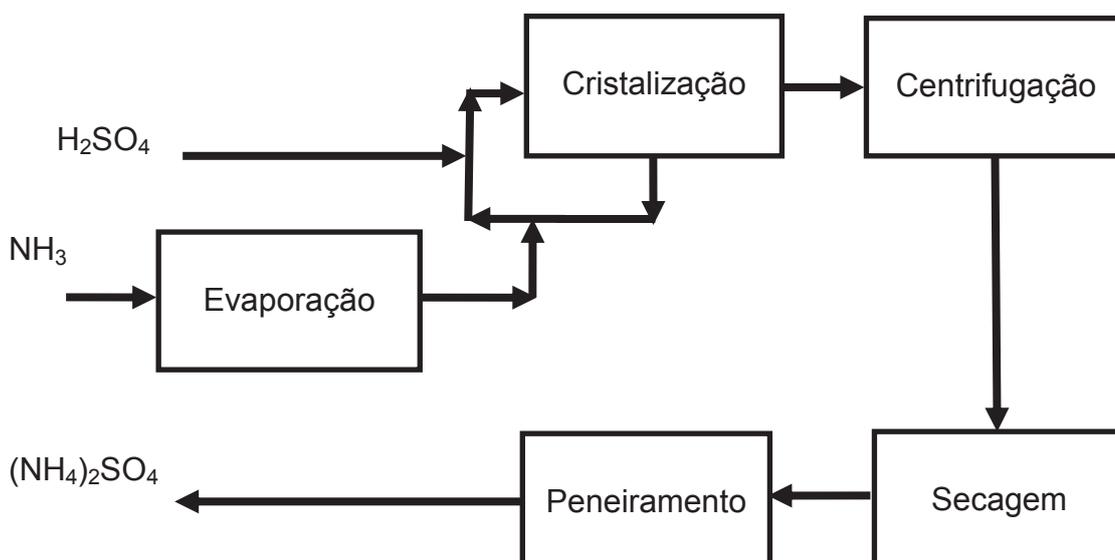
A aplicação da NR 13 a uma unidade nova é normalmente mais simples e menos trabalhosa que realizar o projeto NR 13 sobre uma unidade antiga, com décadas de operação. Contudo, essa constatação não se verifica para o condensador de vapor a ar de uma unidade relativamente simples, projetada para produzir sulfato de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – por via reacional entre ácido sulfúrico e amônia anidra gasosa sob vácuo.

Os engenheiros químicos sabem que as tecnologias de processo para fertilizantes nitrogenados estão perfeitamente dominadas, incluindo-se a destinada à produção de sulfato de amônio, cuja rota de produção emprega o método da neutralização direta em reator a vácuo (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION, 2003, p. 25-26), no qual ocorre a formação de cristais de sulfato de amônio a partir da reação direta entre amônia anidra (NH_3) na fase vapor e ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Nas etapas subsequentes, a lama rica em sulfato de amônio oriunda da reação é centrifugada e, em seguida, secada. Depois, através de peneiramento, tem os extratos de grãos de sulfato de amônio separados e estocados antes de serem destinados aos consumidores dos mesmos.

No Fluxograma 1 tem-se uma ilustração esquemática para o processo em foco, tendo sido acrescentada a etapa de peneiramento do $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, por ser fundamental para assegurar a especificação granulométrica exigida pelo mercado.

Para a unidade de produção de sulfato de amônio, como em qualquer planta nova, os desenhos e documentos técnicos estão perfeitamente atualizados. Assim, não existe aqui a etapa inicial de atualização da documentação técnica como acontece em plantas com décadas de vida operacional. O projeto NR 13 então se reduz aos passos seguintes que a equipe de projeto NR 13 cumpre desde que a documentação técnica esteja completa:

Fluxograma 1 – Etapas do processo de produção de sulfato de amônio



- Com base no jogo de P&ID, PFD, desenhos dos sistemas de combate a incêndio e do sistema de segurança da unidade, desenhos mecânicos dos equipamentos, desenhos isométricos de tubulações, folhas de dados dos equipamentos, manuais de processo, operação, manutenção e segurança industrial, identificam-se todos os equipamentos estáticos da unidade;
- Com os dados requeridos para enquadramento de caldeiras e de vasos de pressão extraídos da documentação disponível, verificam-se quais são os equipamentos mecânicos estáticos que se enquadram na NR

13 (subitem 13.1.9, alíneas a até c, para caldeiras, e subitens 13.6.1.1 e 13.6.1.2 para vasos de pressão e, dessa forma, obtêm-se as categorias dos mesmos conforme determina a NR 13) (cf. Quadro 4, Quadro 5, Quadro 6 e Quadro 7 do Apêndice M);

- c) Em seguida, pode haver equipamento(s) apresentando vacância(s) de alguma(s) das exigências prescritas pela NR 13, não atendida no projeto da unidade. Nesse caso, deve-se investigar se o(s) equipamento(s) de modo integrado a possível sistema da unidade e verificar se o(s) item(ns) em falta está(ão) atendido(s) através de alguma interligação entre equipamentos da planta, desde que seja via válvula de bloqueio manual. Se isso se confirma, a(s) vacância(s) não deve(m) caracterizar não conformidade(s) em relação à NR 13, mas apenas compartilhamento de acessório(s) entre equipamentos que necessariamente operam alinhados formando um sistema único. É comum PI, RD, SV ou PSV serem empregados atendendo vários equipamentos que compõem um sistema que pode ser protegido e monitorado como se fosse um único equipamento. As proteções devem ser dimensionadas levando em conta a necessidade provável esperada como a mais crítica de ocorrer no sistema. Qualquer que seja a interpretação, no caso de DS, FD, MC e desenhos técnicos devem ser consultados para entendimento e crítica dos cenários de operação projetados como os mais prováveis pela projetista ou licenciadora da unidade. Tanto a concordância como a desaprovação dos cenários usados para o(s) dimensionamento(s) empregado(s) no dimensionamento e na escolha do tipo do DS ou acessório(s) obrigatório(s) deve ser discutido com o PH da fábrica ou da contratada à frente do projeto NR 13. O PH deve atender às exigências curriculares estabelecidas pela Decisão Normativa CONFEA nº 045, de 16.12.1992 (cf. Apêndice B, item 41);
- d) Uma LV deve ser elaborada cobrindo todos os itens da NR 13 que precisam ser atendidos pelos equipamentos e pela unidade como um todo, devendo essa LV ser aprovada pelo Profissional Habilitado (PH);

- e) Se tudo está conforme às exigências da NR 13, deve-se verificar se as categorias dos equipamentos estão corretamente pintadas nos mesmos; e
- f) O projeto deve produzir um livro com informações (livro do projeto NR 13) contendo o prontuário do equipamento (cf. subitem 13.1.6, alíneas a até e, para caldeiras a vapor, e subitem 13.6.4, alíneas a até e, para vasos de pressão) e relatório de atendimento ou cumprimento dos itens da LV aprovada pelo PH, bem como documentos e desenhos técnicos de projeto, além de um documento sobre os procedimentos seguidos para enquadrar os equipamentos na NR 13 (normalmente emprega-se uma planilha em Excel para isso), devendo ainda conter as razões para não categorizar equipamentos mecânicos estáticos, se isso ocorrer. Esse livro formado por documentos técnicos deve estar disponibilizado e adequadamente preservado no site em que se localiza a unidade, permitindo ser consultado pelos funcionários da empresa que labutam com esses equipamentos além dos representantes do sindicato representante da classe dos trabalhadores, da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) da empresa e dos representantes legais do MTE. Deve o mesmo ser mantido atualizado permanentemente pela empresa por exigência legal do MTE.

4.1.3 Dificuldade na Aplicação da NR 13: Situação Atípica

O projeto de uma unidade de produção de sulfato de amônio tem no reator de neutralização (cristalizador) para produzir esse sal o equipamento que apresenta o maior risco, pois a reação é fortemente exotérmica e isso proporciona a vaporização da água presente no meio reacional. Trata-se de uma planta que não consome água por ter essa necessidade atendida pela recuperação do vapor d'água, que é condensado em resfriador a ar.

A pressão do reator é controlada e sua proteção contra acidente devido a sobrepressão é feita com RD. Sem esse RD a unidade deve ser proibida de operar. Assim, garante-se que o reator sempre venha operar com vácuo, devendo o seu disco romper-se a uma pressão ligeiramente superior à pressão atmosférica.

O vapor saturado é formado em condição de vácuo no meio reacional e a cerca de 100 °C. Caso haja uma alimentação de amônia líquida no reator, a mesma pode vaporizar drasticamente provocando uma elevação na pressão do reator, que sempre deve estar protegido contra sobrepressão por meio de RD. Dessa maneira, o vapor que deve alimentar o resfriador a ar tem sempre pressão baixa, com possível pico levemente acima da pressão atmosférica, que é muito inferior à pressão de projeto daquele trocador de calor. Então, proteção alguma para sobrepressão deve-se projetar para o resfriador a ar. Por outro lado, o engenheiro de processo pode pensar que uma situação de vácuo no mesmo é ainda possível de acontecer (por exemplo, ao sair de operação e ser isolado com o fechamento das válvulas de bloqueio nas linhas de alimentação e de saída do produto). Nesse momento, o vapor aprisionado naquele equipamento tende ao equilíbrio térmico com o meio ambiente, disso implicando a condensação do vapor nele aprisionado a 100 °C no início, decaindo para 30 °C aproximadamente. Nessa condição, o vapor condensaria e sairia da fase vapor para a líquida, daí decorrendo uma queda de pressão, para a qual o resfriador a ar não exige proteção alguma, pois o equipamento é projetado para operar a vácuo pleno, também.

Do exposto, vê-se então que, por não se ter configurada uma situação provável para a ocorrência de sobrepressão e sendo o equipamento projetado para suportar vácuo total, o mesmo está seguro para operação, não necessitando contar com a proteção de DS algum, não havendo cenário algum que justifique instalar proteção contra pressão alta ou baixa. O equipamento não requer cuidados especiais quanto à necessidade de DS para minimizar o risco quanto à elevação ou à redução de sua pressão e, dessa forma, a aplicação da NR 13 ao mesmo não poderá especificar um DS. Os demais itens da NR 13, contudo, podem ser cumpridos. Por conseguinte, para o vapor que deve alimentar o resfriador a ar, DS algum necessita ser dimensionado, pois não deve haver risco para o equipamento.

Para categorizar o condensador de vapor a ar pela NR 13, somente o fluido vapor (classe “C”) e o produto (P.V) são requeridos.

Dificuldades semelhantes a aqui apresentada devem ser discutidas juntamente à licenciadora da planta e à adquirente da unidade industrial, devendo o PH responsável pelo cumprimento da NR 13 capitanear todas as etapas desse processo de aplicação da NR 13. É boa prática de campo fazer-se a categorização dos equipamentos pela NR 13 no final do projeto básico, momento em que o projeto

de detalhamento já está curso, o que permite ainda a realização do projeto de melhor encaminhamento para os efluentes dos DS, bem como pode-se planejar os testes de campo exigidos pela NR 13, como o TH, posto que os requeridos detalhes sobre a locação dos equipamentos encontram-se definidos e disponíveis para uso.

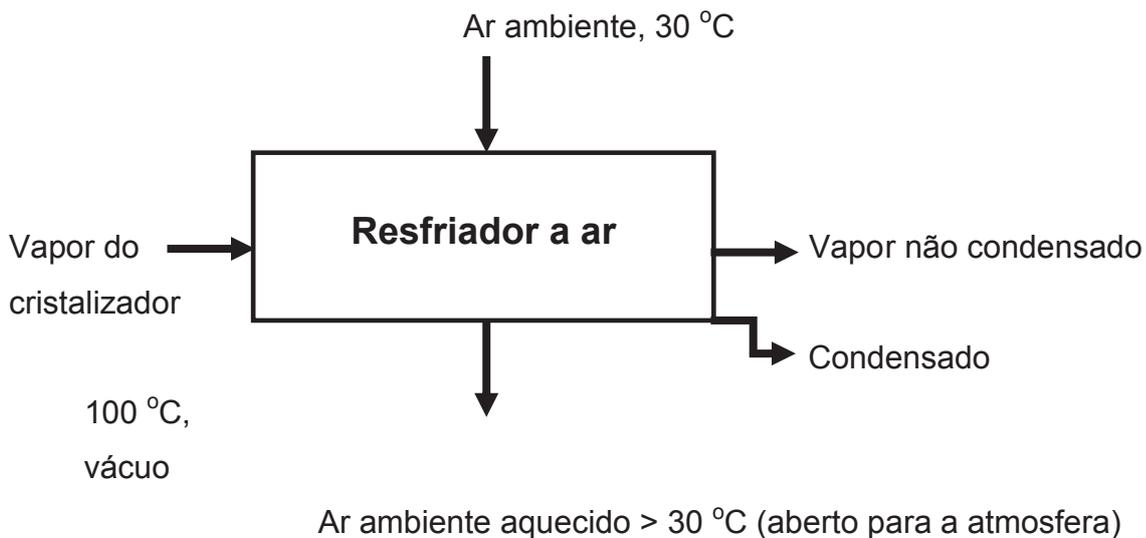
O Desenho 3 ilustra a situação abordada antes.

Algumas considerações pertinentes ao caso ora abordado são:

- a) A carga do resfriador a ar para a condensação do vapor d'água provindo do reator tem pressão de projeto maior que a máxima pressão que pode acontecer no cristalizador. Isso pode se verificar quando, devido a algum descontrole no sistema reacional a amônia estiver em excesso na estequiometria da reação ocorrendo no mesmo e passar para a fase vapor, onde há apenas o vapor d'água formado na reação de formação do sulfato de amônio;
- b) No interior dos tubos do equipamento, portanto em cada um dos cinco módulos que o compõem, se vapor d'água ficar aprisionado após serem fechados seus bloqueios à montante e à jusante. Nessa situação ocorrendo durante a operação daquele módulo desalinhado por alguma necessidade (para sofrer manutenção ou simplesmente em decorrência de redução de carga do cristalizador e/ou da planta), o interior dos tubos pode apresentar-se com pressão negativa (vácuo). Uma vez que o vapor está aprisionado ali a cerca de 100 °C e vácuo, aquele módulo com resfriamento a ar tende a entrar em equilíbrio térmico com o ar ambiente e isso deve ocorrer mesmo que o soprador que envia ar para refrigerar o módulo seja parado, quando a redução da temperatura do vapor também pode ocorrer – apenas com uma dinâmica mais lenta. Como consequência direta tem-se a condensação do vapor que se encontra internamente aos tubos, o que se traduz por reduzir ainda mais a presença de vapor nos tubos. Como os mesmos são projetados para vácuo total, não é requerida válvula de segurança para quebrar o vácuo que pode se intensificar;
- c) Pode-se pensar em um cenário de fogo capaz de provocar o aumento da temperatura do vapor aprisionado entre os bloqueios de entrada e saída de um ou mais módulos daquele equipamento. Tem-se, então, a necessidade de instalar-se uma PSV para o cenário de fogo para cada

um dos cinco módulos. Entretanto, o cenário de fogo não é provável para a planta de sulfato de amônio, por inexistência de fluido inflamável e/ou combustível ali, o que descarta a obrigatoriedade de PSV nos módulos do resfriador a ar.

Desenho 3 – Resfriador a ar



4.1.4 Deficiências ou Vacâncias Apresentadas pela NR 13

Alguns pontos relevantes sobre deficiências e vacâncias encontradas na atual versão da NR 13 descortinam-se aqui de forma breve, mas com suficiência para definirem-se como registros para utilização em futuras abordagens para melhoria dessa norma. Sem impor-se ordem alguma de prioridade, seguem as particularidades apontadas como resultado desse estudo:

- a) Tanques calculados em conformidade ao API 650, mesmo quando operarem com vácuo ou pressão um pouco acima da atmosférica, não devem ser enquadrados pela NR 13 porque o código de projeto empregado não é aplicável para vaso de pressão (cf. NR 13, subitem 13.1.5, alínea h, subitem 13.1.6, alínea a, subitem 13.6.3, alínea f e subitem 13.6.4, alínea a). Entretanto, dispositivos de segurança para tanques API devem ser calculados com base no API 2000, devendo-se projetar válvulas para suspiro e respiro (de modo que, respectivamente, não seja atingido vácuo para o qual o tanque pode

- colapsar e que também não seja elevada a pressão interna até o ponto de ruptura do teto e/ou do costado);
- b) O potencial de risco, que juntamente com a classe do fluido define a categoria do equipamento não fundamenta a razão das faixas para o produto $P \times V$ a nível quantitativo. Quando maior for o P.V maior é o risco. Parece, pois, apenas ser uma faixa definida pela norma, sem entanto garantir uma defesa para cada intervalo em que cada potencial de risco está definido. Tais faixas devem ser baseadas em estatísticas de risco e/ou fundamentadas à luz da mecânica, resistência dos materiais e potencial para causar danos aos entes no entorno de cada equipamento categorizado pela NR 13;
- c) É possível aceitar-se qualitativamente que classes de combustíveis, inflamáveis para valores de P.V crescentes impliquem em categorização mais perigosas, pois não expõem claramente a razão pela qual aqueles limites impostos pela NR 13 são, de fato, valores indiscutíveis e/ou que tenham sido obtidos a partir de estudos de engenharia e/ou de estatísticas sobre aqueles equipamentos. Parecem ser, entanto, fruto unicamente da capacidade criativa daqueles que elaboraram a NR 13 e suas revisões, carecendo de argumentação científica e técnica para mudar o entendimento, especialmente para técnicos e engenheiros que não têm conhecimentos e habilidades suficientes sobre a tecnologia e a ciência que açambarcam as caldeiras e os vasos de pressão. Estão, todavia, claros e evidentes e podem ser facilmente utilizados por engenheiros com relativa facilidade, mas carecem de uma explanação sobre qual razão técnica que levou os elaboradores da NR 13 a aprovar as tabelas dos subitens 1.2 e 1.3 do Anexo IV da NR 13; e
- d) A ideia que transpassa a NR 13, ao contrário do que acontece com as normas eminentemente técnicas de projeto, é que aquela norma nasceu de fato para coibir abusos de empresários que negligenciavam os itens de segurança industrial e que, em função de tal descumprimento de segurança, os itens e anexos que a compõe foram criados e, por isso mesmo, a mesma exacerba nas aplicações em ambientes fabris, aonde de fato destacam-se normas de cunho

apuradamente técnico, que podem e devem ser empregados em indústrias e que apresentam um considerável número de observações experimentais de laboratórios e vasta aplicação no âmbito industrial. Deve ser entendido que a NR 13 desempenha um papel sumamente importante sob a ótica social, estando do lado da garantia da proteção de segurança do empregado – seja o mesmo subcontratado ou pertencente ao quadro efetivo da indústria. Ao determinar obrigatoriedade de itens (prontuário, PI, PSV, etc.) para os equipamentos estáticos de planta industrial, acaba por defender o patrimônio ou o ativo do empresário, além de possível agressão aos demais trabalhadores da indústria, às comunidades que circunvizinham à empresa, o meio ambiente, evitando ainda possibilidade de lucro cessante para a fábrica e todas as possíveis consequências de um sinistro com um equipamento mecânico estático em decorrência de descontrole de pressão, sem a devida proteção de segurança. De fato, a partir do estabelecimento de prazos para os empresários se adequarem à vigente NR 13 corrigindo não conformidades constatadas pelo MTE, bem como definindo multas em função das já ditas não conformidades (se identificadas pelo MTE), os acidentes com vasos de pressão e caldeiras foram drasticamente reduzidos. Tudo isso posto, fica entendido ser a NR 13 uma excelente norma regulamentadora, com força de lei federal, dela resultando o advento de penalizações e tempos para os possíveis descumprimentos de itens, subitens e alíneas.

Diz-se frequentemente que “A fundamentação legal, ordinária e específica, que dá embasamento jurídico à existência dessa NR, são os artigos 187 e 188 da CLT” (cf. dezenas de sites na internet empregando esse linguajar).

Em síntese, a NR 13 vigente está composta por exigências mínimas dirigidas à gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor e vasos de pressão no que concerne às atividades de instalação, inspeção, operação e manutenção daqueles equipamentos, objetivando garantias que assegurem a segurança e a saúde dos trabalhadores.

As tubulações devem ser ajuntadas aos equipamentos cobertos pela NR 13 em sua proposta de revisão posta em consulta técnica em 2013. Trata-se de item

importante e que tem sido responsabilizado por acidentes no país (MARQUES, 2013, p. 2200).

Vinícius, Marco e Sacramento (2012, p.7) revelam os percentuais das causas para acidentes que ocorrem em plantas e seus percentuais de frequência: falha mecânica, 41 %; erro operacional, 20 %; desconhecimento, 18 %; distúrbio de processo, 8 %; desastre natural, 6 %; erro de projeto, 4 %; e sabotagem/incêndio culposo, 3 %. Também, estabeleceram um *ranking* para as perdas aproximadas que decorrem daqueles acidentes: tubulações, 62 MM US\$; trocadores de calor, 48 MM US\$; tanques, 33 MM US\$; bombas, 21 MM US\$; e vasos de pressão, 18 MM US\$.

O exame das estatísticas anteriores conduz os engenheiros a buscarem melhorias na manutenção das unidades. O elevado índice de erro operacional deve sinalizar que a frequência e/ou qualidade de treinamentos deve(m) ser melhorada(s). O indicador de 18 % de causas desconhecidas alerta para uma atenção maior por parte dos técnicos, engenheiros, consultores e da academia sobre as unidades e seus processos e controles no intuito de melhor saber ou dominar o comportamento operacional das unidades fabris. Para os valores as perdas, 54 MM US\$ (tanques, 33 MM US\$; bombas, 21 MM US\$) não têm vínculo forte com a NR 13, pois os tanques e as bombas estão fora da abrangência da aplicação dessa norma. Vasos de pressão e trocadores de calor, que somam cerca de 81 MM US\$, estão abrangidos pela NR 13. As tubulações são responsáveis por perdas de 62 MM US\$ e isso está bem alinhado com acidentes com causa-raiz identificada como falha em tubulação de caldeira (MARQUES, 2013, p. 2197) e bem refletem a inclusão das tubulações já na próxima revisão daquela norma, a quinta em sua história evolutiva.

A inclusão do uso de técnicas não intrusivas (INI) de inspeção deve melhorar a monitoração da integridade dos equipamentos e reduzir, por conseguinte, a incidência de falhas que levem a ocorrência de acidentes. Investimento em treinamentos de operadores deve minorar o cometimento de erros operacionais (cf. Apêndice C).

4.2 SISTEMA PRÓPRIO DE INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS – SPIE

Ter o SPIE certificado na empresa já é uma praxe em se tratando de grandes e/ou importantes empresas nacionais.

Para indústrias bem assistidas, o SPIE significa normalmente uma considerável redução nos custos de manutenção (JOELMA, 2002), pois que prazos máximos estendidos ou com menor frequência para a realização das inspeções e manutenções significam também menores custos de manutenção, o que pode ser possível graças ao acompanhamento mais amíúde das condições reais dos equipamentos. Sendo assim, sem desrespeito aos prazos máximos ditados pela NR 13, as manutenções passam a ocorrer fundamentadas em dados reais do acompanhamento permanente dos equipamentos e com base no cálculo probabilístico de risco operacional calculado que esse acompanhamento permite saber-se.

O acompanhamento dos equipamentos pela inspeção e a determinação do risco probabilístico envolvido podem eventualmente indicar tendência de decremento na confiabilidade, inclusive determinando antecipação sobre a parada do equipamento.

O Quadro 11 possibilita uma visão sobre o exposto no parágrafo anterior.

Quadro 11 – Prazos para inspeção de segurança periódica em anos, a

CATEGORIA DO VASO	EXAME EXTERNO		EXAME INTERNO		TESTE HIDROS-TÁTICO	
	SEM SPIE	COM SPIE	SEM SPIE	COM SPIE	SEM SPIE	COM SPIE
I	1	3	3	6	6	12
II	2	4	4	8	8	16
III	3	5	6	10	12	(*)
IV	4	6	8	12	16	(*)
V	5	7	10	(*)	20	(*)

Fonte: NR 13, subitem 13.10.3, alíneas a e b.

Legenda:

(*) – a critério.

Tendo em vista que as paradas de manutenção normalmente acontecem após serem bem programadas e quase sempre açambarcando o maior número

possível de equipamentos, há de inferir-se que podem implicar em cessação do processo produtivo e, quando isso acontece, vinculam-se a prováveis instantes de lucro cessante, eventualidade que contraria as metas de produção das empresas. Tem-se, por dedução lógica, imediata e direta, que o SPIE mostra-se benéfico para a segurança operacional e favorável aos empresários porque dele decorrem menores custos de manutenção de unidades e, graças à redução da frequência de inspeção operacional dos equipamentos, favorece a consecução de fatores operacionais maiores para as unidades e sistemas que as integram, de sorte que esses últimos também podem corroborar para ter-se lucro cessante cada vez menor.

Depreende-se que o SPIE se coaduna com a necessidade de obtenção de lucros maiores das empresas de processo. Por certo, gerentes competentes de fábricas haverão de realizar a conta que apura o impacto nos custos fixos da empresa em virtude da manutenção de quadros de inspetores de equipamentos – que objetivam redução do risco operacional ou ganho de confiabilidade da unidade decorrente de maior fator operacional alcançável em função da maior confiabilidade operacional alcançada e, por imediata consequência, do cumprimento de planos com “orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva” (VIANA, 2008, p. 87-116) – comparativamente à redução nos custos de manutenção (em particular, quando das grandes paradas gerais de manutenção) e no lucro cessante inerente aos períodos de manutenção.

Óbvio que há vantagens para as empresas que mantêm SPIE após ganharem a certificação do IBP/INMETRO, daí esperando-se a redução de riscos de acidentes nas unidades industriais.

Sobre a assertiva anterior, algumas colocações merecem ser postas para amplificar o entendimento em questão sobre a NR 13 e a técnica IBR (ECKSTEIN; JATKOSKI; ETTER, 2002a, p. 1-14):

- a) a NR 13 é genérica cobrindo da mesma forma tanto instalações novas quanto plantas em final de vida útil;
- b) a metodologia utilizada na NR 13 se presta para a definição do risco estático, enquanto a IBR é dirigida ao acompanhamento do risco dinâmico, que muda com o tempo em função das condições de operação, do fluido, de sujeira presente, etc., ou melhor, ideal para equipamento em serviço;

- c) a IBR permite que prazos para a operação de equipamentos estáticos ditados pela NR 13 sejam flexibilizados, podendo-se aumentá-los ou reduzi-los se a análise de risco assim determinar;
- d) discrepâncias significativas mostram que a avaliação de ativos não se sustenta apenas com a mera aplicação da NR 13, exigindo-se o emprego de um programa de inspeção de equipamentos que seja baseado em risco para cada unidade ou conjunto de plantas industriais. Trata-se, pois, do que se conhece por IBR em todas as unidades operacionais;
- e) sabe-se que tanto a identificação dos equipamentos quanto a intensidade de risco se vincula à NR 13 apenas dentro da abrangência estrita do escopo em que a norma se conforma. Entretanto, a IBR leva em consideração a consequência e a probabilidade de falha. Por conseguinte, é vantajoso que a empresa enquadre-se na NR 13 e adote a IBR, que, por sua vez, deve refletir as características individuais da unidade possibilitando a confecção de planos de inspeção efetivos para a consecução de menor risco individual de cada equipamento; e
- f) com o emprego adequado da metodologia da IBR tem-se a possibilidade de dirigir o processo de inspeção para os equipamentos críticos ou que apresentem maiores riscos. Em consequência, pode-se definir e dar prioridade adequada a cada atividade de inspeção, daí nascendo acertados planos de inspeção, significativamente dirigidos para o combate aos agentes degradantes que estão presentes em cada equipamento.

Ressaltem-se ainda que além do risco devido à sobrepressão operacional outros existem, contra o que se dá a proteção dos equipamentos estáticos com o emprego de DS, com agentes presentes, como os “de ordem física, química, biológica, ergonômica, mecânica ou combinadas entre si, os quais sejam capazes de causar acidentes ou doenças ocupacionais” (PONTES; XAVIER; KOVALESKI, 2004, p. 1-5). Pelo exposto, fica evidenciado que a implantação da NR 13 em uma empresa industrial dá-se de forma complexa englobando várias atividades, tais como aquelas relativas ao treinamento de operadores para a redução do risco de operação relativamente a caldeiras e a vasos de pressão; ao estabelecimento do

SPIE para cada unidade e/ou conjunto de plantas industriais; à implantação da IBR na planta ou conjunto de unidades fabris integradas como necessária complementação à NR 13; e à formação de equipe de trabalho capacitada e devidamente treinada.

Neste trabalho, os dispositivos de segurança presentes e em falta – para dispositivos imprescindíveis aos equipamentos que tiveram identificadas vacâncias através da análise cuidadosa de engenheiros sobre desenhos de processo duma unidade ou das plantas integradas ou sobre desenhos de conjunto dos equipamentos das mesmas unidades, ou cuja ausência decorre da verificação feita por inspeção no(s) equipamentos(s), com real confirmação *in loco* da ausência da(s) proteção(ões) – devem ser dimensionados e, em seguida, selecionados junto a fornecedores do mercado. Esses DS escolhidos para aquisição devem apresentar comprovação de histórico com boa qualidade intrínseca e desempenho confiável.

Enfim, todos os dispositivos devem ter a presença ou a vacância confirmada em cada equipamento que integra a unidade ou conjunto integrado de plantas industriais. Quando procedente, o DS vacante deve ser dimensionado e instalado, devendo-se programar a instalação em estreito entendimento com as áreas de planejamento da produção, da operação, segurança e manutenção da fábrica.

Em ambientes fabris bem cuidados, todo profissional habilitado (PH) e que se relacione de forma proativa com o corpo de técnicos do processo industrial pode requerer a realização de procedimentos de inspeção em qualquer equipamento e a todo instante, desde que tenha justificativa técnica que suporte tal solicitação.

Sabe-se que todo tipo de ação que provoque a alteração estrutural do material (do grão, com aparecimento de trinca, fissura, por exemplo) ou que ocasione a redução da espessura do material empregado (decorrente de erosão, corrosão, etc.) impacta desfavoravelmente a resistência mecânica do mesmo. Isso certamente deve exigir a realização de inspeção acurada e, em seguida, da realização do recálculo do valor da PMTA, que certamente sofre algum decremento relativamente ao valor originalmente projetado.

O cálculo e o recálculo da PMTA de equipamentos mecânicos estáticos requer uma competência específica que bem se coaduna com a capacitação curricular do engenheiro mecânico, por isso entendido como o mais adequado para ser o PH referido no subitem 13.1.2 da NR 13. Isso se harmoniza com o que

preconiza a Decisão Normativa CONFEA nº 045, de 16.12.1992, que está ali referido como pertencente à categoria dos “profissionais da área da Engenharia Mecânica”.

4.3 NR 13 VERSUS TESTE HIDROSTÁTICO

Trata-se de teste de pressão para comprovar-se a resistência do equipamento preenchido integralmente com água e, com esta, pressurizado em conformidade aos procedimentos de execução normatizados e definidos para a execução do teste.

Esse teste pode ser tecnicamente inviável de ser realizado. Nessa situação, a NR 13 admite que o mesmo pode ser “substituído por outra técnica de ensaio não destrutivo (END) ou inspeção que permita obter segurança equivalente” (cf. subitem 13.10.3.4). Para as “razões técnicas” que inviabilizam o teste hidrostático, leiam-se as alíneas a, b, c, d, e do subitem 13.10.3.5 da NR 13. Outros casos de exceção possíveis de acontecer e que inviabilizam os exames externo e interno ou o TH estão contemplados na NR 13, subitens 13.10.3.1, 13.10.3.2, 13.10.3.3, 13.10.3.4, 13.10.3.5, 13.10.3.6 e 10.13.3.7.

Teste pneumático (TP) pode ser realizado no lugar do TH se não houver outra opção, desde que cuidados especiais sejam tomados (cf. subitem 13.10.3.7).

À engenharia mecânica, auxiliada pela moderna engenharia de materiais, compete se preocupar com a substituição dos testes de pressão por equivalentes ensaios não destrutivos mais seguros e menos dispendiosos e que não contribuam para a geração de defeitos no material do equipamento (caldeira ou vaso de pressão), que seja também passível de execução sem a necessária interrupção operacional exigida pelo TH e pelo TP. Certamente, em havendo sucesso nessa empreitada, a NR 13 deve ser revista quanto a isso no futuro breve.

O subitem 13.10.4. diz respeito ao exame interno periódico dos equipamentos e aborda a desmontagem, a inspeção e a recalibração das válvulas de segurança.

No subitem 13.10.5. é tratada a inspeção de segurança extraordinária, necessária quando o equipamento passar por algum evento que possa, de fato, comprometer a sua segurança, tal como dano advindo de acidente, sofrer reparo ou alterações importantes, passar por inatividade operacional por mais de um ano e ser relocado da posição em que fora instalado originalmente.

Que a inspeção de segurança deve ser feita pelo SPIE ou por inspetor de equipamento, este devendo estar qualificado como profissional habilitado (PH), está no subitem 13.10.6. Vale lembrar que a profissão inspetor de equipamentos ainda não foi legalmente regulamentada no Brasil, mas é fato que a mesma já existe há décadas.

Não estão objetivamente explicitadas na NR 13 quais exigências legais devem os PHs atender. Para cobrir tal vacância de informação, vejam-se as decisões normativas do CONFEA nº 029, de 27 de maio de 1988, e 045, de 16 de dezembro de 1992 (cf. Apêndice B, itens 39 e 41).

Na mais antiga das decisões normativas citadas acima, abordam-se a engenharia de caldeiras quanto aos itens inspeção e manutenção e o projeto de casa de caldeiras, restringindo à competência para tratar desses itens aos engenheiros mecânicos e navais. Também, estende a atuação legal para:

engenheiros civis com atribuições do Art. 28 do Decreto Federal no 23.569/33, desde que tenham cursado as disciplinas “Termodinâmica e suas aplicações” e “Transmissão de Calor” ou outras com denominações distintas mas que sejam consideradas equivalentes por força de seu conteúdo programático.

Na Decisão Normativa nº 045, de 16 de dezembro de 1992, os itens 1 e 2 transcritos logo a seguir, restringem ao engenheiro mecânico a possibilidade de vir a ser um PH. Entretanto, no item 2 é inserida uma revalidação da Decisão Normativa nº 029/88 do COFEA, o que pode ser visto no texto transcrito em seguida:

1 – As atividades de elaboração, projeto, fabricação, montagem, instalação, inspeção, reparos e manutenção de geradores de vapor, vasos sob pressão, em especial caldeiras e redes de vapor são enquadradas como atividades de engenharia e só podem ser executadas sob a Responsabilidade Técnica de profissional legalmente habilitado.

2 – São habilitados a responsabilizar-se tecnicamente pelas atividades citadas no item 1 os profissionais da área da Engenharia Mecânica, sem prejuízo do estabelecido na DECISÃO NORMATIVA nº 029/88 do CONFEA.

Não há de se duvidar que o engenheiro mecânico apresenta a melhor e mais dirigida qualificação para a competência exigida para o perfil dado ao PH pela NR 13, preenchendo todos os atributos que essa norma estabelece, com plena

capacidade para determinar a espessura de parede e a PMTA de equipamentos mecânicos estáticos, coisa que o engenheiro civil, por exemplo, não apresenta o requerido domínio sobre essas técnicas. Quanto ao engenheiro naval, sabe-se que a área de sua atuação distancia-se da indústria de processo, onde definitivamente não são encontrados.

Relatório de inspeção (RI) deve ser feito a cada inspeção e o documento deve integrar a documentação do vaso de pressão. Isso está no subitem 13.10.7. A estrutura tópica mínima deve ser de conformidade às alíneas a até k do subitem 13.10.8.

Sempre que for alterado algum dado da placa de identificação após cumprir-se o subitem 13.10.8, uma nova placa, com dados atualizados, deve ser confeccionada para substituir à antiga, conforme subitem 13.10.9.

Ficou evidenciado na conclusão da análise dos vários defeitos investigados no material que confecciona os vasos de pressão, quer aço carbono ou aço inoxidável (austenítico), que TH periódico não acarreta defeitos aos mesmos devidos a esforços (aos quais os mesmos são submetidos no ensaio, ou seja, à pressão de uma vez e meia a de operação) – para equipamentos que não sofreram anormalidades operacionais durante o período operacional que antecede ao TH. Tal comprovação deu-se para vaso com doze anos de operação (PEREIRA FILHO, 2004, p. 98): “A propagação por fadiga mecânica pelas pressurizações em THs periódicos, independentemente de outros mecanismos de propagação foi considerada de efeito desprezível.”

Contudo, Pereira Filho (2004, p. 98) expressa preocupação quanto à conclusão acima, o que parece ser óbvio quando são bem observadas as recomendações que o mesmo sugere para estudos futuros:

Tendo em vista as dificuldades relacionadas à sua execução, os riscos envolvidos e a necessidade de definições exatas dos seus propósitos, bem como discutir as vantagens e desvantagens dos TH, serão necessários trabalhos futuros para complementar a abordagem do tema. São sugestões que fazemos:

- Estudos sobre procedimentos alternativos: TH com pressões mais baixas, custo/benefício, etc.
- Utilização de ensaios de emissão acústica: durante a revisão bibliográfica, diversos artigos foram encontrados sobre a utilização de ensaios de emissão acústica para a caracterização de crescimento crítico ou subcrítico de descontinuidades durante pressurizações [...]

– Discussão e balanço sobre vantagens e desvantagens em situações específicas de equipamentos em diferentes ramos industriais.

A derradeira recomendação de Pereira Filho, se não utópica, guarda significativa inexecutabilidade face ao universo gigantesco que cobre os ramos industriais, onde os fluidos empregados são deveras numerosos e as variáveis de processo têm domínios de grande amplitude, com a variável pressão ocupando a faixa que vai desde a condição de vácuo absoluto até valores da ordem de centenas de kgf/cm^2 .

É mister frisar que qualquer ensaio físico como o TH pode desencadear algum tipo de defeito no material que compõe um vaso de pressão. Ensaio não destrutivo (ultrassom, por exemplo) são cada vez mais utilizados por equipamentos estáticos categorizados (ou não) pela NR 13, evitando-se inspeções intrusivas nos mesmos que implicam em perdas de produção, lucro cessante e podem desencadear uma gama de outros problemas.

Indesejado sob o ponto de vista da segurança industrial, o crescimento subcrítico de descontinuidades (CSCD) não percebido quando da realização de TH em equipamentos mecânicos estáticos pode implicar em redução da vida remanescente obrigando à substituição precoce dos mesmos, que em última instância equivale a custo real indesejado, mas evitável, para o(s) proprietário(s). Para reduzir a probabilidade de aparecimento de CSCD, Martins (2009, p. 115) conclui em sua dissertação:

A prática indiscriminada de testes periódicos com adoção de pressões idênticas a do teste hidrostático de fábrica não traz nenhum benefício ao equipamento, e em caso de haver atuação de mecanismos de danos, representa perigo ao equipamento, sendo a principal causa do CSCD durante a realização de TH.

Em consonância com os princípios da IBR, é preferível investir na determinação de um plano de inspeção adequado e específico para o equipamento, que considere os mecanismos de danos atuantes e os efeitos por eles gerados, e que seja capaz de detectar descontinuidades de tamanho inferior ao tamanho crítico adotando níveis de confiabilidade e risco adequados e possibilitem a inspeção segura, inclusive durante a operação, com a utilização de técnicas globais de inspeção e métodos de inspeção não intrusiva (INI).

Com uma atuação mais efetiva das ferramentas de inspeção, pode-se realizar TH em níveis de pressão inferiores ao recomendados pelos códigos de pressão, mantendo os padrões de avaliação de integridade dos vasos de pressão em níveis adequadamente

rigorosos. Uma alternativa é a realização do TH periódico em níveis de pressão pouco acima da pressão de abertura da PSV, que é suficiente para verificação de estanqueidade e minimiza os possíveis efeitos negativos oriundos da sobrecarga, como a ocorrência de CSCD. Em casos mais críticos, pode-se fazer uso de ferramentas de acompanhamento, como o ensaio de emissão acústica, que permite a identificação de atividade por parte de defeitos, atuando como ensaio em conjunto com o TH, para indicar áreas propensas à inspeção complementar para a verificação da ocorrência de CSCD.

4.4 ANÁLISE DE PROCESSO SOB A ÓTICA DA NR 13

A NR 13 destina-se a garantir, dentre outros quesitos igualmente preocupados com a preservação da integridade física e manutenção de sua estanqueidade ou mitigação de escapes dos fluidos contidos para o meio ambiente, a prevenção contra excessiva subida na pressão de operação de equipamento mecânico estático categorizado por essa norma, assim evitando que o valor da sua PMTA seja ultrapassado sem que haja a atuação ou a abertura de DS, dimensionado, selecionado e instalado para ter essa função.

Nobre é o objetivo do emprego da NR 13 por garantir que a proteção exigida pela norma regulamentadora deve resguardar o equipamento de possível erro cometido pelo homem quando de sua operação e que, sem isso, o exporia a possível e provável exorbitante elevação da pressão de operação, aí não se descartando a possibilidade de ocorrer explosão drástica ou violenta do mesmo, com risco potente e característico de acidente capaz de provocar danos diversos, cujas consequências podem incluir o que se segue: vitimar o ser humano situado em sua vizinhança, causar danos aos ativos próximos e agredir a natureza e comunidades circunvizinhas ao equipamento sinistrado. Na verdade, a preocupação maior deve primeiro estar voltada para o bem maior e mais importante: o ser humano. Todavia, perdas materiais e danos contra a natureza devem ser indesejáveis pelas atividades econômicas e por seus dirigentes e/ou proprietários porque podem até inviabilizar os negócios em que se inserem os processos, cujos equipamentos passam por eventos com sinistros.

Justifica-se a existência da NR 13 pela necessidade de impor-se obrigações claras aos proprietários de caldeiras e vasos de pressão de modo igual e objetivo, não se tolerando faltas ou vacâncias nos itens sobre projeto, instalação, manutenção e operação e treinamento de operadores. Isso tudo mantém o propósito

de inibirem-se ou mitigarem-se as possibilidades de acidentes desde que a NR 13 foi concebida na década de 70, momento em que ocorreram as piores estatísticas de acidentes do trabalho no Brasil, quando o recorde mundial acontece nesse país em 1970 (cf. 1.1, p.23). Então, o Ministério do Trabalho, intenciona fazer frente a toda e qualquer intempestividade que possa desregular processos em que se usam caldeiras e/ou vasos de pressão, eventos esses que podem provocar a subida de suas pressões de operação até valores maiores do que as respectivas PMTA, mas não apenas por isso e sim porque a possibilidade de cometimento do erro humano, sempre presente para qualquer que seja a tarefa que se realize e não apenas nas que são críticas para a segurança⁵, conforme entende o Disaster Management Institute (DMI), pode também levar a ocorrer anormalidades nos comportamentos das variáveis operacionais que acarretem a subida da pressão, por exemplo, quando da operação do equipamento. Daí pode haver a subida exagerada da pressão culminando em explosão, vitimando o próprio ser humano, além de poder causar danos ao meio ambiente quando o produto for tóxico, provocar incêndio se for o fluido inflamável, etc.

Especificamente sobre a possibilidade do erro humano estar sempre presente nos estudos de engenharia (desde o seu entendimento pelos engenheiros que entendem que os sistemas projetados pelo homem e com os quais o ser humano interage em suas atividades diárias no mundo todo estão susceptíveis de sofrerem algum tipo de mudança em função dependente de alguma reação psicológica evidenciada ou não no comportamento humano, emprega-se a psicologia na concepção de projetos, de sorte a inibir, minimizar ou mitigar efeitos danosos de ações humanas sobre os processos sujeitos à ação dos homens). Têm sido alcançados grandes e importantes avanços na confiabilidade operacional dos sistemas projetados pelo homem para servirem à humanidade, como os sistemas críticos encontrados na aviação, nas centrais nucleares, nos lançamentos de naves e satélites espaciais, etc. Entretanto, não se pode afirmar que tais sistemas tenham plena robustez no que tange às proteções objetivadas, pois aviões ainda caem, centrais nucleares apresentam vazamentos de materiais radioativos para o meio ambiente, naves espaciais se descontrolam e são sinistradas, etc.

⁵ “Errors can occur in all tasks, not just those which are called safety-critical” (DMI, 2010, p. 4).

Provavelmente pela enorme complexidade que envolve o erro humano (apesar dos muitos estudos empreendidos por psicólogos que intencionam destrinchá-lo por completo, inclusive com a produção de trabalhos sobre a taxonomia desse erro, mas não ainda com a identificação de todos os fatores que desencadeiam o seu acontecimento), é provável que o seu domínio pleno ainda esteja distante de acontecer. Por conseguinte, as falhas humanas devem continuar presentes onde quer que exista um ser humano atuando em qualquer equipamento ou parte desse.

Cuidados devem ser tomados em análise da causa-raiz de acidente, não se deixando levar por caminhos fáceis ou simplistas que frequentemente favorecem o entendimento do acidente com superficialidade que pode induzir o ser humano a atribuir o evento a mero caso de cometimento de erro humano. Isso está abordado na literatura técnica. O DMI (2010, p. 2) identifica que 90 % dos relatórios apreciados apontam erros humanos como causas-raízes para os acidentes analisados nesses eventos. Isso parece ser um exagero e é provável que esses relatórios tendam a comprometer a reputação da aceitação da falha humana nas análises de acidentes, mas os progressos alcançados pela tecnologia com a ajuda da moderna psicologia são irrefutáveis e se contrapõem a isso. É sensato pensar-se que um estudo mais profundo sobre os procedimentos hoje empregados em análises de acidentes deve ser realizado para averiguação da qualidade dos relatórios produzidos sobre acidentes.

Preservar a integridade física de caldeiras e vasos de pressão acontece desde o atendimento da documentação desses equipamentos a critérios de qualidade de projeto, que passam pelos cuidados na correção dos projetos e nas montagens, com testes de campo, bem como nas suas manutenções, operações e seguranças, essas duas últimas com a devida formação da mão de obra de operadores treinados. Tudo isso junto perfaz os intentos capitais da NR 13.

Pela colocação anterior, entende-se que artifícios introduzidos nas unidades industriais que as desviem da exigência normativa sobre a correta instalação de DS (tais como manter válvulas manuais abertas à montante ou à jusante de DS, lacradas em posição de abertura) acaba sempre por colocar a responsabilidade desse arriscado ato sobre as costas do operador de área e/ou de painel e/ou outro ser igualmente responsabilizado pela operação da unidade. Esse tipo de conduta, mesmo que posta de modo formal e protocolado via instrução

operacional permanente (IOP) ou qualquer outro tipo de instrumento, pode eventualmente vir a ser negligenciada em seu cumprimento pelo ser humano, pelo operador industrial, pois o homem jamais deve deixar de ser susceptível de cometimento de erros. E quando isso acontecer, tem-se o equivalente a manter-se o equipamento mecânico estático sem DS algum, tornando a operação insegura, perigosa, certamente podendo provocar acidente com vítima(s).

Deve-se sempre pensar que qualquer economia conseguida às expensas de menos válvulas de segurança ou de quaisquer DS é sempre injustificável, normalmente estando o custo desse investimento menor em centenas de vezes relativamente ao valor do ativo material que se deve normalmente proteger. Ridiculamente, essa imprudência evita tão só custos que são infinitamente menores do que a vida humana, a qual deve ser sempre preservada em primeiro lugar.

Entendam-se como cenários as possibilidades de ocorrência de situações operacionais apresentando sobrepressão nos equipamentos mecânicos estáticos, com probabilidade real $\alpha > 0$, isto é, com $0 < \alpha \leq 1$.

São 3 os tipos de cenários fundamentais que podem ocasionar sobrepressão em equipamento mecânico estático sob apreciação, ou melhor:

- a) Fogo externo: existência de fluido inflamável no equipamento ou na sua proximidade (abrangendo 7,6 m de raio a partir do ponto com fogo). Na interpretação da norma API, o raio deve ser considerado como se fosse de uma esfera para significar que se trata do espaço em torno do equipamento em que o fogo pode acontecer e não apenas no plano do chão onde o mesmo está assentado. O emprego do mesmo raio permite considerar os equipamentos contidos na área de localização da esfera de modo estatístico ou provável para a concomitância de abertura de válvulas de segurança ali inseridas para o cenário de fogo externo, facilitando sobremaneira o dimensionamento de coletor(es) para a destinação final dos efluentes dos DS atuados;
- b) Alívio térmico: existência de válvulas de bloqueio capazes de isolar equipamento(s) ou tubulação(ões) contendo líquido frio (por exemplo, abaixo da média da temperatura ambiente local ou, à guisa de exemplo, 30 °C para Camaçari – BA, e 20 °C para Triunfo – RS) susceptíveis de serem aquecidos por radiação solar, traço de vapor ou traço elétrico, etc.; e existência de válvulas de bloqueio na corrente fria

em trocadores de calor – desde que haja a possibilidade de manter-se o fluxo do fluido quente;

- c) Falha operacional: decorrente de erro do operador, falha de instrumento e/ou equipamento ou alteração indesejável no processo. Tem como causa fatores diversos (API, 1997, p. 7-31; TOWLER; SINNOTT, 2008, p. 1039), dos quais alguns estão descritos a seguir:
- fechamento indevido de válvula de bloqueio na saída de equipamento pressurizado;
 - abertura operacional indevida de válvula ou perda de estanqueidade de válvula permitindo alimentar corrente com pressão maior que a permitida para a operação do equipamento;
 - falha no sistema de utilidade – ar de instrumento (AI), energia elétrica (EE), vapor, água – com todas as implicações que daí possam decorrer;
 - falha decorrente do excesso ou da falta de refluxo ou resfriamento em equipamento;
 - abertura de válvula inadvertidamente;
 - perda de ventiladores;
 - ocorrência de martelo e/ou pulsação, com picos de pressão, em sistemas criogênicos e de água e vapor;
 - falha no fluxo de material adsorvente;
 - reações químicas exotérmicas implicando em mudança brusca nas condições de processo;
 - entrada anormal de calor no equipamento;
 - erro humano do operador;
 - falha de válvula de retenção;
 - explosão interna ao equipamento;
 - superaquecimento de líquido preenchendo todo o sistema;
 - perda da alimentação de EE;
 - acumulação de não condensáveis;
 - falha de controles automáticos;
 - perda de calor em sistemas de colunas de destilação;
 - admissão de material volátil ao sistema;
 - falha em tubo de trocador de calor;

- falha localizada em tubo de trocador de calor permitindo extravasar produto para o casco ou permitindo a passagem do produto do casco para o tubo, com todas as implicações envolvidas;
- falha em resfriador que implique na elevação exagerada da pressão do sistema em que o mesmo está inserido; etc.

Deve-se ter em mente que a listagem dos itens anteriores não é exaustiva, podendo outros cenários ser identificados através de *brainstorm* entre engenheiros de projeto e técnicos e engenheiros de processo e de operação, incorporando-se revisão decorrente de resultados de *process hazard analysis* ou análise de perigo de processo (PHA), *failure mode and effect analysis* ou modo de falha e análise de efeito (FMEA), *hazard analysis and operability study* ou análise de perigo e estudo de operabilidade (HAZOP), *hazard analysis* ou análise de perigo (HAZAN) ou de outras análises de segurança de processo (ALBRIGHT, 2009, p. 1438-1500; CROWL; LOUVAR, 1990, p. 308-332; TOWLER; SINNOTT, p. 1040).

4.5 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

O Apêndice D apresenta uma abordagem sobre os tipos de DS, incluindo os seus dimensionamentos e suas especificações.

Contudo, a deve-se enfatizar que a identificação de cenários operacionais e suas análises devem ser a preocupação maior dos engenheiros de processo. O dimensionamento deve ser preferencialmente realizado com o emprego de aplicativos dedicados a isso pelos fornecedores de DS, que inclusive podem gerar folhas de dados dos mesmos.

A qualidade dos DS selecionados depende fundamentalmente das condições das variáveis de processo em que deverão proteger seus equipamentos, estando justo aí o foco dos trabalhos dos engenheiros de processo e não no cálculo e seleção de DS para cada equipamento ou sistema analisado, que é uma tarefa simples e demanda pouco tempo para ser realizada.

CAPÍTULO 5

FERRAMENTAS PARA O GERENCIAMENTO DO PROJETO NR 13

Este capítulo se justifica para atender a vacância sobre como fazer a aplicação da NR 13, o que está alinhado com a fraqueza dessa norma relativamente ao que se deve esperar de uma norma de gestão. De fato, a NR 13 não apresenta a estrutura de norma de gestão (cf. item 2.5).

Adequar uma unidade industrial para fazê-la estar em conformidade com a NR 13 equivale ao desafio que o gerente de projeto empreende para:

- levantar todos os equipamentos estáticos da planta de processo em adequação à NR 13, bem como os dados de projeto e de operação relativos aos fluidos e as dimensões físicas dos equipamentos, de modo que se permita enquadrar cada equipamento como classificado ou não pela NR 13;

- analisar e atualizar toda a documentação da unidade existente relativa aos equipamentos estáticos, conforme as exigências definidas no corpo da NR 13 – uma competente abordagem da NR 13 levando em conta seus “aspectos técnicos e jurídicos” pode ser encontrada em PEREIRA (2005, p. 17-96);

- na unidade instalada na área industrial, verificar *in loco* se todos os equipamentos presentes e categorizados como equipamentos NR 13 têm de fato suas respectivas proteções contra sobrepressão, o valor da PMTA para cada um deles e mais todos os itens exigidos pela norma, onde se incluem a placa de identificação e o PI local ou remoto; e

- os equipamentos que apresentem pendência(s), deve-se atualizar a documentação para a instalação futura do ente (PI, SV, PRV, RD, placa de identificação, etc.) em falta na unidade contemplada pelo serviço, após providenciar a elaboração do projeto do elemento faltante, proceder a sua aquisição e a sua devida instalação, a qual deve ser programada junto com os responsáveis pela operação, manutenção e área de compras.

Entende-se que a formação de grupos de inspetores de equipamentos e a capacitação dos operadores industriais de caldeiras e de vasos de pressão acontecem em processo continuado no dia a dia de labuta em cada indústria, enquanto a verificação da documentação da unidade e a sua imediata atualização ocorrem num período definido, sendo bem planejadas e executadas, quase sempre

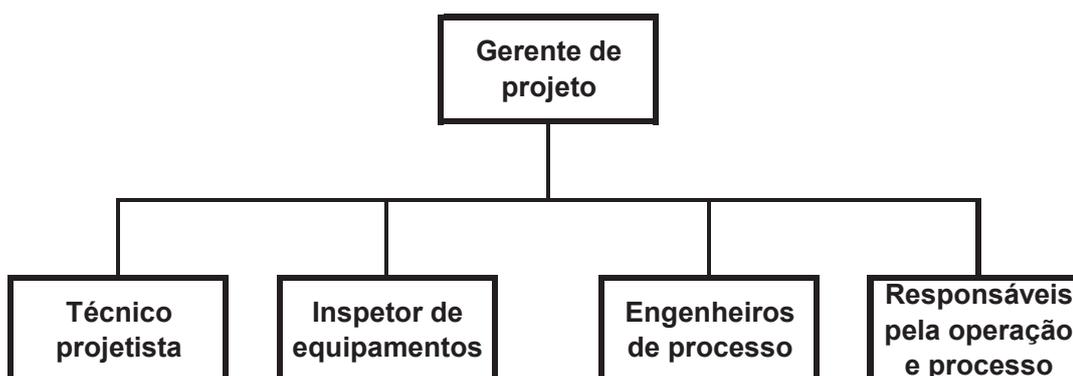
num prazo inferior a 2 anos de duração em unidades de portes médio a grande – mas que, em última instância, o tempo requerido depende mais fortemente da qualidade da documentação técnica existente e do número de engenheiros na equipe de trabalho (cf. Apêndice G). Para o tempo necessário estimado no modelo matemático deduzido no Apêndice E deve ser entendido que há plena disponibilização de ferramentas corretas, testadas, dedicadas e de comprovada eficácia para desenvolver o tipo de projeto em foco.

5.1 EQUIPE MÍNIMA PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO NR 13

O Organograma 1 contempla a hierarquia entendida como necessária para a realização de projetos NR 13, que está vinculada à capacitação, à competência legal e à habilidade de cada integrante para desenvolver suas tarefas específicas.

Para o bom funcionamento da equipe de projeto, a qual deve trabalhar para implantar a fase de adequação dos documentos e desenhos técnicos, conforme exigido pela NR 13, o Organograma 1 tem um formato deveras simples.

Organograma 1 – Equipe mínima de implantação do projeto NR 13



Pode ser visualizado no organograma apresentado que a equipe de projeto tem em seu topo apenas o gerente hierarquicamente acima do técnico projetista, do inspetor de equipamentos, dos engenheiros de processo e dos responsáveis pelo acompanhamento de processo e pela operação da unidade fabril.

No Apêndice J – matriz de responsabilidades do projeto NR 13 revelam-se ações, atribuições e responsabilidades na equipe de trabalho corresponde a uma matriz de atribuições ou responsabilidade para o projeto.

No Apêndice H – responsabilidades e competências mínimas da equipe do projeto NR 13 de uma unidade industrial de processo estão, pois, as competências e responsabilidades de cada um dos integrantes apresentados no organograma da equipe de trabalho, para os mínimos requisitos.

Todos aqueles profissionais guardam uma frequente atuação no projeto, enquanto que os engenheiros de processo (pela empreiteira) e o engenheiro ou técnico ou operador industrial (responsável pelo processo pelo lado do cliente) cedido(s) pela operação da planta para prestar apoio ao projeto tem(têm) participação(ões) apenas quando convocado(s) pelo gerente e/ou pelos engenheiros de processo da projetista. Todos os envolvidos podem inclusive ser convocados para participar diariamente das atividades do projeto NR 13, o que depende das necessidades configuradas quando do desenvolvimento do mesmo.

É mister assinalar que o contrato de prestação de serviços celebrado entre a empreiteira e o cliente deve assegurar o pleno funcionamento do organograma acordado para o projeto.

Se as atividades estão bem planejadas, certamente o projeto deve fluir a contento.

Deve-se prever uma carga horária de 8,5 h/d de trabalho para cada membro, de preferência. Caso o prazo não possibilite o cumprimento do compromisso contratual pela empreiteira em virtude da carga horária estimada de trabalho ser elevada, o gerente deve buscar alternativas para evitar a realização de horas extras, as quais muito provocam cansaço e causam estresse desnecessário aos trabalhadores levando-os ao cometimento de erros quando do desempenho de suas funções.

Mão de obra de estagiário muitas vezes parece ser de fácil aquisição e barata quando utilizada para completar as necessidades do projeto. No entanto, não se conforma como justo o uso de estagiário, devendo-se utilizar técnicos e engenheiros com expertise em projeto, com responsabilidades legais.

Estagiário deve simplesmente estagiar observando os profissionais – técnicos e engenheiros – a fazer projetos e, assim sendo, devem aprender como são feitas as tarefas. Portanto, jamais deve ser delegada ao estagiário a tarefa de fazer

projeto. Por fim, sabe-se que além de ser ilegal, certamente se afasta de uma atitude segura empregar-se estagiário como mão de obra para esse tipo de projeto, que é também de segurança e voltado para evitar danos e até catástrofes contra o ser humano, meio ambiente, comunidades circunvizinhas à indústria e os demais ativos na vizinhança dos equipamentos categorizados pela NR 13.

5.2 FERRAMENTA PARA INTERAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO

É importante ter-se uma planilha capaz de ser alimentada e gerenciada através da intranet da própria indústria, nela identificando responsabilidades sobre cada dado e sobre cada informação a serem alimentados e/ou criticados. Tal planilha deve ter para nome Planilha Zero ou alguma coisa que destaque a sua importância no projeto, como por exemplo PROJETO_NR_13_DADOS_E_INFORMAÇÕES, a qual tem o papel equivalente ao de um banco de dados para atender à necessidade dos engenheiros de classificar cada equipamento estático que possa ser enquadrado pela NR 13, conformando a memória de dados e de informações para todos os equipamentos mecânicos estáticos de processo da unidade e, em particular, para aqueles classificados como equipamentos NR 13 ou enquadrados na NR 13.

Para operacionalizar e realizar com mais facilidade o trabalho, essa planilha deve ser concebida para uso na intranet tendo suas guias interconectadas entre si e todas para a entrada de dados e de informações oriundas dos membros da equipe e de responsáveis da planta industrial. Dessa forma, as guias compõem o Fluxograma 2 e foram divididas em:

5.2.1 Inspeção da Unidade em Conformidade à NR 13

Sendo a unidade existente, deve-se realizar inspeção da mesma e de sua documentação técnica – desenhos e documentos de projeto da planta – no sentido de verificar se a mesma está conforme determina a NR 13 ou se está, de fato, apresentando alguma pendência ou não conformidade, que deve ser corrigida. Para tanto, é recomendável usar uma LV cobrindo plenamente a NR 13. Nesse instante, todas as não conformidades ou desobediências à NR 13 passam então a ser conhecidas e, dessa maneira, as correções a serem introduzidas na unidade

ganham um norte perfeitamente entendido pela contratada e pela contratante dos serviços.

Campos (2011, p. 53-66) apresenta uma LV que pode ser empregada para a realização de inspeções de caldeiras e vasos de pressão, cobrindo todas as exigências ou itens da NR 13.

5.2.2 Planilha I – Geral da Contratada

Deve operar na intranet e ter uma guia em que o líder do projeto deve alimentar todos os sistemas estáticos, com seus números de identificação, onde se terão consolidados todos os sistemas cobertos ao término do projeto. Esta guia deve estar conectada com as demais planilhas e suas guias a serem preenchidas ou alimentadas pelo engenheiro de processo (em parceria com as equipes de processo e de operação do cliente) e pelo inspetor de equipamentos.

O gerente deve assessorar a equipe na concepção dessa ferramenta para que a mesma seja simples de usar, com formato adequado para que possa ser impressa quando necessário, servindo ainda para registrar o andamento do projeto.

5.2.3 Planilha II – Contadores da Gerência da Contratada

Deve ter uma guia conectada com todas as demais planilhas operantes na intranet, essencialmente apresentando os quantitativos dos sistemas estáticos em curso de avaliação e os já devidamente concluídos, facilitando sobremaneira o acompanhamento dos serviços pelo gerente e pelos interessados no andamento dos serviços.

Deve contar com o apoio do gerente quando de sua definição e programação em Excel.

5.2.4 Planilha III – Inspeção de Equipamentos pela Contratada

Esta planilha deve ser elaborada para receber alimentações a partir da Planilha I e ser alimentada com dados e informações pelo inspetor de equipamentos em parceria com as equipes de manutenção e de qualidade da fábrica, bem como

de operação da unidade. Deve ainda contar com o apoio do gerente quando de sua definição e programação em Excel.

5.2.5 Planilha IV – Processo da Unidade pela Contratada

Deve receber alimentações das Planilha I e ser alimentada pelo engenheiro de processo, nela devendo ser classificado cada sistema e, portanto, o equipamento como enquadrado pela NR 13 ou não, devendo realimentar dados e informações às Planilha I e Planilha II.

Deve contar com o apoio do gerente quando de sua definição e programação em Excel.

5.2.6 Planilha V – Processo e Operação da Fábrica

Deve receber alimentações da Planilha I e ser alimentada com dados e informações pela equipe de operação e de processo pertencentes à contratante.

Deve contar com o apoio do gerente quando de sua definição e programação em Excel.

As alimentações de dados e informações devem ser constantemente criticadas pelo engenheiro de processo sênior e pelo gerente, os quais devem atuar frequentemente como verdadeiros filtros depuradores, cabendo ao gerente proceder a avaliação do processo em curso e gerar *feedbacks* para os comandados, procurando colocar o projeto na rota certa, perfeitamente sintonizada ao cronograma implantado.

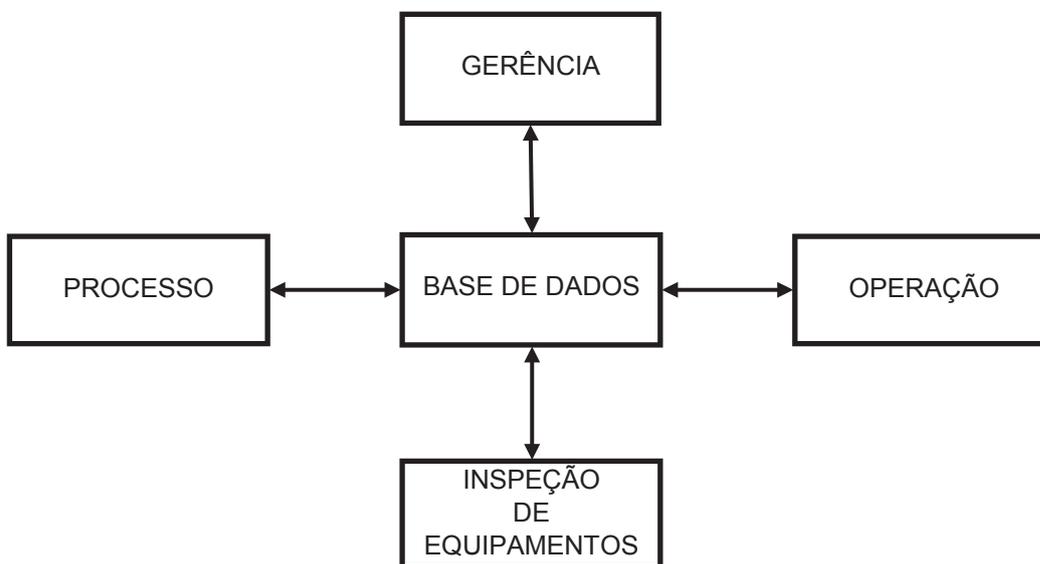
Tem-se, pois, numa visão ampliada, a distribuição das responsabilidades pela obtenção, crítica e inserção/digitação de cada dado e de cada informação à base de dados.

Pelo fato da necessidade de preenchimento ou alimentação da planilha e suas guias e pela igual necessidade de acompanhamento do curso do projeto pelo gerente, é evidente que um sistema computacional em rede faz-se necessário para que o projeto seja executado com transparência e de forma ética, apresente agilidade e confiabilidade, tudo isso devendo certamente ser realizado no menor tempo possível.

Cada uma das planilhas deve receber informações da base de dados, onde devem estar alimentados os números de identificação dos equipamentos mecânicos estáticos. Tal processo de alimentação deve ser feito pelo gerente ou por um técnico ou engenheiro supervisionado pelo mesmo.

O Fluxograma 2 de informações acontece entre as planilhas abordadas anteriormente, constituindo uma base de dados e informações sobre o projeto em foco.

Fluxograma 2 – Interação da equipe de projeto na intranet da contratante



Quando algum equipamento não tiver número de identificação definido, o gerente deve atribuir um número de identificação provisório ou definindo se o mesmo deve ser criado com base em sistemática de numeração pré-definida utilizada na planta. Esse número de identificação deve ser trocado, desde que seja o mesmo provisório, após o cliente definir para que nome mudar, o que deve acontecer antes da atualização final dos desenhos de conjunto e P&ID em que o equipamento sem número de identificação se encontrar. Se, em outro caso, o equipamento tem número de identificação, mas este se mostra incongruente com a forma pela qual os equipamentos estão numerados, devem-se manter esse número de identificação (provisoriamente) até que o cliente defina novo e definitivo nome para o dito. Jamais o projeto deve sofrer interrupção motivada por incongruência de número de identificação.

É função do gerente do projeto estabelecer critérios para a numeração de equipamentos, o que deve ser feito juntamente com o cliente, de sorte que os números de identificação colocados oficializem por si só as decisões gerenciais e, em se trabalhando em rede, essas possam ser compartilhadas por todos os envolvidos no projeto.

Campo ou célula com padrão na cor verde significa estar livre para receber *input* do responsável por gerar e alimentar o dado ou a informação.

Criar ou definir termos, textos, etc., para uso dos colaboradores, é atribuição do gerente, de modo que os campos fiquem preenchidos apresentando homogeneidade de valores numéricos e alfanuméricos, permitindo-se que possam ser mais facilmente manipulados pela versão do Excel disponível para o projeto quando da realização de buscas e de ordenações desses conteúdos.

Na Planilha II estão os contadores diários do progresso das realizações a cada dia envoltas com as atividades desenvolvidas no projeto de NR 13. A soma dos contadores de um mesmo dia dá ideia da média de realização do grupo. Porém, a melhor informação deve ser vista olhando-se a contagem de cada item, onde se identifica o que foi realizado e por quem. Dessa forma, sendo feito o acompanhamento, permite-se inclusive que o gerente empreenda alguma ação para corrigir o rumo sempre que alguma defasagem acontecer com relação à meta de realização prevista ou desejada.

5.3 FERRAMENTAS PARA O GRUPO DO PROJETO NR 13

Para a impressão de documentos e desenhos, uma impressora *laser* colorida, com impressão automática para folhas A3 e A4 e uma impressora jato de tinta, ambas para operação na rede em que estejam conectados *on-line* todos os integrantes do grupo. Sobre o uso das impressões, fica o acompanhamento da economicidade dos equipamentos ditado pelo gerente.

Outras facilidades dizem respeito aos serviços de telefonia individual para cada membro da equipe, emprego de mesas e cadeiras ergonômicas, mesas dedicadas às impressoras, armários para abrigar fardamentos e EPI dos integrantes da equipe, além dos pertences dos mesmos.

Materiais de escritório de uso corriqueiro devem existir para suprir um mês de trabalho. Nele devem estar incluídos: papel para as impressoras, *toner* e

cartuchos de tinta para as impressoras dos tipos *laser* e jato de tinta, respectivamente; pastas e sacos plásticos para abrigar os prontuários, memórias de cálculo, FD, folhas de dados, PC. O correto uso dos materiais deve ser observado pelo gerente, de modo que isso se constitua numa de suas responsabilidades junto à contratada ou empreiteira. O gerente, por sua vez, eventualmente, pode delegar ao engenheiro de processo sênior a tarefa de controlar aqueles materiais.

Como ferramentas computacionais, um microcomputador para cada membro na equipe para operação em rede, disponibilizando-se os aplicativos imprescindíveis para realizar o projeto.

Outras facilidades podem ser atendidas em prol de adequado conforto e consequente e maior produtividade da equipe.

No Quadro 14 mostram-se os programas computacionais mínimos para cada integrante do grupo de serviços.

Quadro 14 – Programas computacionais para equipe do projeto NR 13

MEMBRO DA EQUIPE	PROGRAMAS COMPUTACIONAIS
Gerente	ADOBE, Excel, Word, CAD (*), navegador de <i>internet</i>
Engenheiros pleno e sênior	ADOBE, Excel, Word, CAD (*)
Projetista	Excel, Word, CAD (*)
Desenhista “cadista”	Excel, Word, CAD (*)
Inspetor de equipamento	Excel, Word, CAD (*)

Legenda: (*) CAD ou similar adotado pelo projeto.

5.4 FERRAMENTAS AUXILIARES PARA O PROJETO NR 13

A experiência advinda desse tipo de projeto deve compelir projetistas a recomendarem o uso de ferramentas específicas de trabalho para que se alcancem facilidades nas tarefas de projeto. Além da infraestrutura requerida para esse tipo de projeto, na qual estão móveis, computadores equipados com programas computacionais normalmente utilizados em escritórios de projeto (pacote Office, um programa de desenho, etc., bem como comunicação telefônica, acesso permitido à

internet e à intranet da empresa contratante e, também, a do escritório da contratada, ambiente de trabalho ergonômico, sistema de transporte, alimentação, médico e tudo mais que contribua para melhorar a produtividade e o desempenho de cada membro da equipe de projeto.

Utilizar documentos de projeto conforme o padrão exigido pelo cliente, que pode ser igual ao empregado em seus documentos, ter o padrão ISA para instrumentos ou qualquer outro que entenda ser conveniente. Jamais a contratada deve impor o emprego de seus padrões, a menos que isso seja uma exigência contratual.

Para o dimensionamento de DS, a realidade hoje é que os fornecedores desses dispositivos possuem aplicativos excelentes para fazer o dimensionamento. Muitos desses programas são capazes de gerar a folha de dados, inclusive em mais de um idioma, que podem ser empregadas para cotações no mercado interno e externo. Pode-se também desenvolver uma planilha em Excel para dimensionar orifícios de válvulas de segurança com base no método API, por exemplo.

Não existe segredo algum no dimensionamento de DS sob o ponto de vista de manuseio dos métodos que são empregados para tanto e que em sua maioria são fáceis de aplicar por estarem normalmente programados para funcionar em computadores. O mais importante é realizar-se um amplo levantamento de cenários cobrindo todas as possibilidades que podem levar ao aparecimento de pressões maiores do que a resistência das paredes dos equipamentos, permitindo-se definir corretamente os eventos mais prováveis de ocorrer.

Uma vez conhecidos os dados comportamentais das variáveis de processo e dominadas as propriedades físicas e termodinâmicas do fluido, qualquer pessoa bem treinada no uso de softwares pode alimentar os dados levantados a qualquer programa de dimensionamento de DS, dados esses que, sendo verdadeiros e prováveis de ocorrer, devem garantir que a prevenção contra a perda de estanqueidade dos equipamentos mecânicos estáticos seja de fato alcançada – após os DS serem instalados nos sistemas (caldeiras a vapor e vasos de pressão). Justo por isso, os engenheiros de processo têm o dever de realizar meticulosamente a concepção e a análise de cenários operacionais para o processo da planta que se deve adequar à NR 13. Essa tarefa demanda muito tempo e exige do engenheiro sênior intensa dedicação e grande esforço. Por isso, o engenheiro sênior não deve

assumir função de gerente do empreendimento na maioria das vezes, a menos que decline das atribuições técnicas que o projeto lhe exige.

Qualquer tipo de ferramenta auxiliar que seja entendida como importante e que seja capaz de ajudar aos integrantes da equipe para ter-se alguma redução do tempo já estabelecido para realizar o projeto NR 13 deve ser apreciada pelo gerente do projeto antes de ser a mesma posta em uso. O recomendável é que o gerente, que deve sempre estar atento com a produtividade de cada membro da equipe e do conjunto de atividades que devem ser executadas, decida a favor ou contra tais ferramentas.

Compete aos engenheiros a análise meticulosa dos processos tendo o dever de serem cuidadosos ao analisarem cada caso, especialmente onde se verifiquem vacâncias de DS por qualquer que seja a razão. Para ter-se um melhor aproveitamento da qualificação dos engenheiros no desenvolvimento das atividades de um projeto NR 13, fazem-se necessários controles que objetivem agilizar a realização das tarefas planejadas. Para tanto, algumas ferramentas devem ser criadas ou desenvolvidas, caso ainda não tenham sido concebidas pela contratada.

Os engenheiros de processo são sempre muito importantes na avaliação das condições do fluidos, especialmente os que estiverem escoando em duas fases ou apresentem condições supercríticas. O problema maior se dá para misturas multicomponentes, devendo os ditos engenheiros recomendarem as mais apropriadas correlações de misturas, de modo que não se incorram em erros quando do processamento por aplicativos que dimensionam DS. Não se trata, pois, de tão só rodar-se o aplicativo que dimensiona o DS cuja vacância foi constatada.

Materiais compatíveis com os fluidos devem ser observados pelos engenheiros de processo, com atenção.

Não existe uma preocupação quanto ao ruído gerado pela atuação de DS, provavelmente por se tratar de um evento de curtíssima duração e, sendo assim, não se constitui tão grave para a audição humana. Contudo, é bom que se saiba que existem métodos, inclusive o API tem o seu inserido no API RP 526, para a verificação do pico de ruído em decibéis quando da abertura do DS. Apesar de muitas empresas abordarem a avaliação do ruído gerado pela atuação de DS, as folhas de dados que costumam empregar para DS não trazem campos dedicados a tal tipo de dado ou informação. Fica para os engenheiros de processo avaliarem o ruído ora abordado para a mesma situação de abertura (em eventos de

sobrepressão) e usar esse dado na tomada de decisão dirigida à aquisição de DS para a unidade em adequação à NR 13. E sendo assim e quando possível for, mantidas a aceitação técnica para DS oriundos de diferentes fornecedores para semelhantes custos de investimentos, os engenheiros devem decidir pela escolha e aquisição de DS menos barulhentos.

A recomendação para o dimensionamento de DS é sempre fazê-lo junto a fornecedores desses acessórios, empregando aplicativos que os mesmos dispõem e cedem gratuitamente aos clientes, porém isso só deve ocorrer após a completa análise do processo sob a ótica de eventos possíveis e prováveis, elencando-se as muitas possibilidades que possam implicar em descontrole de pressão de cada equipamento mecânico estático da unidade. Quando aceito pelo cliente ou contratante do projeto NR 13, usar as folhas de dados geradas pelos aplicativos quando dos dimensionamentos feitos pelos fornecedores, os quais se prestam inclusive ao uso em processos de cotação de DS junto a fornecedores.

Quando não for possível, os dados e informações das FD quando provindos dos fornecedores de DS devem ser transcritos para modelo padronizado de folha de dados exigido pelo cliente. Sem dúvida, a correta identificação da falta do DS e seu posterior cálculo está seguramente no caminho crítico do projeto NR 13, muito exigindo empenho dos engenheiros na equipe de trabalho. Esse fato se coaduna com a análise de sensibilidade feita no Apêndice G, que o tempo de projeto é sensivelmente aumentado quando se reduz de 2 para 1 o número de engenheiros na equipe de projeto (MARTINS, 2013a, p. 2572).

Ferramentas auxiliares devem ser concebidas também para garantir a capacidade de registrar cada etapa vivida pelo projeto, o que deve acabar por se constituir em um banco de informações específicas desse tipo de projeto e para o tipo de fábrica em que o mesmo se aplica. São, entretanto, ferramentas ou documentos auxiliares empregados ao longo do desenvolvimento do projeto NR 13, que não devem compor o livro do projeto, devendo ser concebidas a partir de dados e informações constantes nos documentos que integrarão o livro do projeto através de conexões automáticas.

As principais informações que devem compor os documentos auxiliares se destinam a medir o trabalho realizado frente ao planejado e programado para o projeto, medir a produtividade de cada membro da equipe de projeto e/ou referente a cada disciplina presente no mesmo, manter atualizado o acompanhamento e

controle de pendências em tempo real e disponibilizar tantos outros dados e informações que o gerente entenda como necessários ao seu acompanhamento de projeto, permitindo que se tomem decisões e que sejam os controles gerenciais realizados de forma rápida e fácil para a correção de curso do projeto a qualquer momento.

Pode ser criada uma infinidade de ferramentas auxiliares, o que deve depender de cada projeto NR 13 e da forma com que seus integrantes trabalham. Por isso nenhuma dessas é apresentada nesse trabalho.

5.5 PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA CÁLCULO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E TERMODINÂMICAS DE SUBSTÂNCIAS SIMPLES E DE MISTURAS

Pela abrangência de misturas processáveis e devido à grande simplicidade de uso, o Aspen Hysys conforma-se como um programa computacional excelente para uso no ambiente de trabalho da fábrica pelos engenheiros de processo (SANTOS; SOUZA; LACERDA, 1999). Isso é devido à sua vasta biblioteca de dados termodinâmicos das substâncias, a qual o aplicativo tem embutida, e ao grande número de correlações apropriadas para realizar o melhor cálculo de propriedades de misturas. O Aspen Hysys é propriedade da Aspen Technology, Inc. (AspenTech).

Em se tratando de substância pura, pode-se programar na planilha – elaborada para fazer o dimensionamento da área do orifício da válvula de segurança a ser empregada na proteção – o cálculo das propriedades físicas, onde se incluem a temperatura de vaporização de líquido puro e sua massa específica.

Para substância pura deve-se usar a correlação de Antoine para a determinação da entalpia específica de vaporização e pressão de vaporização..

Quando usado o Aspen Hysys para misturas de componentes, a operação deve ser feita e só depois de colhidas as saídas proporcionadas pelo Aspen Hysys é que os valores devem ser manualmente alimentados à planilha ou ao programa computacional que calcula a SV e/ou o RD.

Todavia, em ocorrendo qualquer impossibilidade de uso de aplicativo dedicado ao cálculo de propriedades de mistura e de propriedades dos componentes do fluido, podem ser as mesmas calculadas com o uso de dados e correlações específicas que podem ser obtidas na literatura disponível em livros

mundialmente consagrados como, por exemplo, nas referências (PERRY; GREEN, 1984, p. 1-291), (REID; PRAUSNITZ, POLING, 1987) e (KORETSKY, 2007).

Apenas para casos pontuais de dimensionamento de DS, quando não se dispõe do programa Aspen Hysys, por exemplo, para engenheiros com expertise no uso do Excel, planilhas podem ser elaboradas para cálculo de propriedades com a utilização de modelos de misturas disponíveis na literatura. Isso, entretanto, demanda tempo para elaborar a programação computacional e fazer a devida depuração e testes – antes de fazer-se a aplicação objetivada.

5.6 CÁLCULO DE VÁLVULA DE SEGURANÇA E DE DISCO DE RUPTURA

É sabido que grandes empresas americanas que atuam na área química, fertilizantes, petroquímica, petróleo e gás, etc., dispõem de programas próprios desenvolvidos internamente, nos quais incorporam décadas de experiência nesse tipo de projeto – algumas têm com mais de século de existência, com sucesso.

Muitos aplicativos dos fornecedores de DS geram FD e MC em inglês e português. Esses programas são muito empregados por empresas de processo e podem e devem ser preferencialmente usados, pois são muito bons e gratuitos. Na falta desses programas, o engenheiro que domina o uso de Excel poderá programar o método de cálculo de DS da API, o qual está transcrito no Apêndice D.

5.7 MODELOS PARA DOCUMENTOS FINAIS DO PROJETO NR 13

5.7.1 Memória de Cálculo

Se forem elaboradas pela contratada sem a ajuda de fornecedores de DS, recomenda-se que sejam elaboradas em Excel, seguindo-se os requisitos da API. Caso o contratante tenha um modelo pronto e opte por usá-lo, aceitar desde que haja facilidade no uso do documento, não comprometendo os homens-horas programados para isso.

Vale ressaltar que as empresas de engenharia e muitas publicações sobre projetos dispõem de bibliotecas com documentos padronizados para uso em MC, FD, LV, etc. Também, empregar programas computacionais para o dimensionamento de DS facilita o trabalho do engenheiro por proporcionar-lhe maior

celeridade nessa atividade, mas não exclui a prudente e capaz seleção de propriedades físicas e termodinâmicas que melhor representem o escoamento pelo engenheiro de processo, cabendo ao engenheiro químico fazer a melhor escolha sobre métodos para propriedades de misturas caso a caso, onde ocorre a maior incidência de cálculos de DS.

5.7.2 Folha de Dados

Se as FD de RD, PSV, SV e PRV forem elaboradas pela contratada sem a ajuda de fornecedores de DS, recomenda-se que sejam elaboradas em Excel, adotando-se requisitos da API. Caso o contratante tenha um modelo pronto e opte por usá-lo, o mesmo deve ser aceito pela contratada desde que haja facilidade no uso do documento, não comprometendo os homens-horas programados pela contratada para isso.

Fornecedores ofertam, sem ônus para seus clientes, o dimensionamento de DS acompanhados de FD geradas por seus programas computacionais.

5.7.3 Modelo de Relatório para Projeto Conceitual e Lista de Verificação

Dar preferência aos modelos prontos dos clientes. Normalmente são simples, desde que os dados e as informações de alimentação requeridos para a elaboração dos mesmos sejam disponibilizados com a devida presteza requerida pela contratada, não se comprometendo o rendimento do engenheiro de processo sênior, principalmente, pois as atribuições do mesmo exigem tempo e dedicação para bem serem desenvolvidas.

5.7.4 Locação Segura para Efluentes de DS

Definidos os equipamentos que devem receber novos DS, deve-se definir o encaminhamento dos efluentes dos mesmos. Podem, pois, serem destinados para um coletor devidamente projetado para recebê-los, para o coletor de alimentação da tocha ou diretamente para a atmosfera.

Para descargas gasosas na atmosfera, estudo de avaliação de riscos deve ser procedido, avaliando-se possíveis impactos sobre o ser humano e o meio

ambiente e o patrimônio, além do atendimento das condições de segurança no momento e após a descarga. São parâmetros importantes na avaliação a velocidade e a direção esperada para os ventos no local e a altura do ponto de lançamento do efluente relativamente ao solo. Sabe-se que a difusividade dos gases na atmosfera não deve proporcionar a formação de nuvens perigosas, principalmente quando o efluente tratar-se de produto gasoso inflamável ou tóxico.

Sempre que possível deve-se encaminhar efluentes líquidos e gasosos – de produtos inflamáveis, combustíveis, tóxicos ou corrosivos – para sistemas de coleta seguros: coletores alinhados com vaso(s) de amortecimento do fluxo e sistema(s) de tocha.

Uma vez conhecida a vazão a aliviar, deve-se determinar o diâmetro da linha de saída da válvula de segurança até o local em que o efluente deve ser lançado. Deve-se considerar a pressão que se deve vencer, a qual corresponde à pressão do sistema de recebimento mais a perda de carga entre o DS e aquele sistema – soma de valores que corresponde à contrapressão a ser vencida.

No cálculo da contrapressão cuidados devem ser tomados pelo projetista:

- utilizar o menor trecho possível de linha a ser instalado (para uma menor perda de carga ser conseguida);
- reduzir ao mínimo o número de acidentes na linha de descarga, o que favorece a ter-se uma menor perda de carga no trecho de linha considerado;
- evitar o emprego de válvula de bloqueio na linha de descarga, de sorte que a mesma esteja sempre desimpedida e, dessa forma, a proteção contra sobrepessão operacional jamais possa deixar de estar pronta para atuar.

Com o cálculo da contrapressão para cada DS, deve-se rever as memórias de cálculo (MC) dos mesmos DS e reconfirmar ou alterar as especificações dos DS definidos na FEB.

Em seguida, deve-se elaborar os desenhos isométricos para todos os DS, os quais são utilizados na etapa de montagem dos correspondentes sistemas.

Atualizar ainda:

- o PC;
- os desenhos (P&ID e de conjunto para cada equipamento); e
- as FD.

Por fim, deve-se substituir no livro de projeto os desenhos e documentos revisados na FED e adicionar os desenhos isométricos para todos os novos DS a serem instalados.

Vale salientar que a elaboração e a atualização dos prontuários dos equipamentos estáticos conformam tarefas normalmente desempenhadas pelo inspetor de equipamentos alocado no projeto de NR 13.

5.8 ESPECIFICAÇÃO DO LIVRO DO PROJETO

O livro do projeto deve conter todos os documentos gerados pelo projeto, legalmente garantido e assegurado pelo contrato celebrado entre as partes envolvidas – empresas contratante e contratada – devendo atender itens fundamentais como os que se seguem aqui:

- lista de documentos do projeto (LD ou LDP);
- conjunto de MC geradas para todos os DS (PRV, PSV ou SV e RD);
- FD para todas as SV e todos os RD;
- PC e LV do mesmo;
- base de dados do projeto, com informações de todos os sistemas e/ou equipamentos, com as variáveis de projeto, operação e teste, sobre o fluido, etc.;
- todos os prontuários dos equipamentos estáticos;
- todas as FD de PI novos dos equipamentos estáticos;
- todas as placas de informações dos equipamentos estáticos.

5.9 ENQUADRAMENTO DE VASO DE PRESSÃO E CALDEIRA NA NR 13

Em conformidade à NR 13. Para tanto, vejam-se também o Quadro 4 e o Quadro 7 do Apêndice M.

5.10 PONTOS NEGATIVOS NA EQUIPE DO PROJETO NR 13

Estão elencados itens no Apêndice I. Relacionam-se ali alguns problemas cujas implicações podem culminar em prejuízos para esse projeto. Isso decorre de observações práticas, experimentadas e dominadas por empresas de projeto.

É da competência do gerente do projeto investigar, corrigir e aceitar ou não colaboradores que apresentem essas características ou outros problemas não colocados nesse rol.

5.11 ACOMPANHAMENTO GERENCIAL DO PROJETO NR 13

Compete ao gerente determinar a produção diária, semanal, mensal por integrante ou para toda a equipe. Para tanto, com base nas planilhas usadas pelo grupo a todo momento, o gerente pode criar outras planilhas que lhe permitam acompanhar e medir a produção de cada membro da equipe ou somente a da equipe ou ambas, etc., as quais devem ser alimentadas diariamente ou a cada semana com dados e informações dos serviços realizados, devendo o gerente criticar o desvio em relação ao planejado, daí tomando as ações corretivas de rumo de forma célere e contumaz.

É necessidade do planejador realizar a cobertura dos eventos de um projeto industrial, com centenas de eventos a serem programados e a terem suas realizações igualmente acompanhadas, com constante necessidade de avaliar-se o impacto de atrasos sobre o caminho crítico do cronograma dedicado ao projeto. Deve-se atender o número de atividades previstas que ainda não foram realizadas – mas que precisam ser feitas – no instante do dimensionamento da equipe de trabalho, considerando-se um aproveitamento de 80 % do tempo pelos integrantes (VIANA, 2008, p. 141-154), em regime de trabalho de 8,5 horas diárias.

5.12 CRITÉRIOS PARA INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVO DE SEGURANÇA NO LADO DOS TUBOS DE TROCADOR DE CALOR CASCO E TUBOS

Para a condição de ruptura de tubos, devem ser considerados os valores das pressões de operação no casco (P_{casco}) e pressão de operação nos tubos (P_{tubos}) e a possibilidade de haver entupimento dos tubos por algum tipo de deposição de material. Se $P_{\text{casco}} > P_{\text{tubos}}$, 2 possibilidades existem para a corrente dos tubos:

– se há probabilidade de haver obstrução dos tubos ao longo da operação do equipamento, o DS deve ser instalado na entrada da alimentação do equipamento, de preferência em bocal no próprio equipamento, se disponível

estiver, ou na própria tubulação, em ponto próximo ao trocador e de fácil manutenção no DS;

– se não é provável a condição de obstrução dos tubos, o DS deve ser instalado na saída dos tubos, preferencialmente no próprio equipamento quando o mesmo dispor de bocal para tanto ou alternativamente na tubulação, em local próximo ao equipamento, em ponto que apresente condições de facilidade de manutenção no DS.

Para $P_{\text{casco}} < P_{\text{tubos}}$, a recomendação deve ser instalar o DS na entrada da alimentação dos tubos, devendo-se usar bocal no equipamento se existir ou, em caso contrário, o DS deve ser instalado na tubulação que alimenta a passagem dos tubos, em ponto próximo ao trocador de calor e que apresente condições favoráveis a realização de manutenção no DS.

Contratada e contratante devem estabelecer o critério a ser usado em todo o projeto NR 13 ou, se assim bem estabelecerem, que deve ser tomada decisão a partir de análise caso a caso para todos os trocadores de calor casco e tubos, quando devem ser discutidas a condição de operação e as propriedades da corrente dos tubos para cada equipamento.

5.13 ESTIMATIVA DE TEMPO PARA A ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE ADEQUAÇÃO DE UMA PLANTA DE PROCESSO À NR 13

Um correto projeto de adequação de uma planta industrial de processo à NR 13 deve compreender as seguintes fases:

- a) levantamento da documentação, esse devendo englobar desenhos (P&ID, desenhos de conjunto de equipamentos, placas de informações de equipamentos), folhas de dados de DS e PI, devendo todos serem disponibilizados em pastas perfeitamente identificadas para uso do projeto;
- b) verificação da correspondência entre desenhos e documentos levantados junto ao arquivo técnico da unidade fabril e os equipamentos, DS, PI, placas de informações ou plaquetas e vice-versa; e

- c) elaboração dos desenhos e documentos vacantes e atualização dos existentes, atribuindo-se números de identificação para os equipamentos que forem identificados e para os correspondentes DS e PI.

Com base nas necessidades de serviços a serem executados no projeto NR 13, necessita-se saber quanto tempo deve ser empregado pela equipe de trabalho e, em seguida, com base nos custos da mão de obra dos integrantes da equipe de projeto e na participação diária dos mesmos, pode-se então calcular o investimento que deve custar ao dono da instalação.

Como a princípio ainda não são conhecidas as não conformidades da unidade com relação à NR 13, tem-se que o escopo do projeto não pode ser elaborado em sua fase conceitual com exatidão, pois ainda se faz necessário realizar-se a verificação de todos os equipamentos no campo para levantamento de não conformidades, bem como de toda documentação técnica incluindo desenhos e documentos que devem ser corrigidos, só então se dando as atividades requeridas para enquadramento na NR 13 e posterior categorização dos equipamentos mecânicos estáticos por essa norma.

A correção da documentação técnica constitui-se em tarefa árdua e que pode demandar meses de esforços da equipe de trabalho. Assim, para que seja possível elaborar-se um orçamento que venha a corresponder às atividades que devem compor o escopo do projeto NR 13, deve-se atribuir um índice i para representar o percentual de equipamentos mecânicos estáticos da unidade fabril apresentando não conformidades e a serem enquadrados no cumprimento da NR 13.

Como são várias as não conformidades possíveis que caracterizam o descumprimento da NR 13 e, quase sempre o número de equipamentos a ser analisado pode ser muito alto, podendo chegar a casa de milhar, deve-se definir o tamanho de uma amostra significativa de equipamentos que possam ser inspecionados no campo para levantamento de não conformidades à NR 13 em um período de 1 a 5 dias, bem como terem seus desenhos e documentos técnicos apreciados para conhecimento das depurações que devem ser feitas pela equipe do projeto NR 13. Os dados e as informações obtidas para a amostra supracitada, devem ser estendidas para a planta inteira, de modo que se possa ter a primeira estimativa do total de cada tipo de não conformidade. A partir dessa primeira

estimativa, devem ser estimados o total de homens-horas que o contratado deve empregar por cada disciplina ou função ou atividade a ser desenvolvida ao longo do projeto. Dessa maneira, em poucos dias pode-se produzir uma proposta técnico-comercial para a venda de serviços para a elaboração de um projeto NR 13.

Ao longo do curso do projeto NR 13, a equipe deve cobrir a inspeção *in loco* de todos os equipamentos mecânicos estáticos, levantando-se as não conformidades que por ventura apresentem. Ao mesmo tempo em que é feito o levantamento de campo dos equipamentos da unidade e de suas não conformidades, a documentação técnica correspondente aos mesmos é detalhadamente verificada por uma segunda frente de serviços. Em paralelo ocorrem essas atividades (de campo e de correção da documentação da planta), geram-se novos dados para o recálculo do índice médio de não conformidades, que deve atingir o valor real e exato para a unidade ao término do levantamento de campo e quando a documentação técnica estiver completamente retificada ou atualizada.

Como a cobrança dos serviços é normalmente disposta em parcelas que são desembolsadas pelo cliente desde a contratação do projeto e prosseguem assim até a data seguinte à entrega do livro do projeto, os prováveis valores pagos a menor ou a maior nos primeiros meses têm a possibilidade de apresentarem valores cada vez mais corretos à proporção que o projeto caminha e a documentação técnica da unidade é atualizada. Para tanto, o acompanhamento das atividades e do avanço do projeto devem ser acompanhados simultaneamente pelo cliente e pela empreiteira; e os boletins de medição devem ter a anuência da contratante dos serviços, caracterizando-se então um contrato técnico-comercial aberto, profissionalmente ético, plenamente transparente para ambas as partes – contratada e contratante. Ao final, após a entrega do livro de projeto e a aceitação final do mesmo pelo cliente, tem-se estabelecido que – em já tendo sido quitada a última parcela do contrato – nada mais deve restar para ser pleiteado quer pela contratada ou pela contratante referente ao projeto de adequação da planta à NR 13.

Deduz-se um modelo matemático para o tempo total das fases conceitual e básica, o que está mostrado no Apêndice E, cujos parâmetros e variáveis independentes são de fácil mensuração, o que torna simples a aplicação do mesmo. Eis o modelo proposto:

$$T_7 = T_0 + \left(\frac{i \cdot n_0}{t_8 \cdot n_1} \right) \cdot \left(\frac{1}{\mu \cdot p \cdot t_2 \cdot n_1} + \frac{k \cdot t_5}{t_3} \right), [T_7] = \text{mês, onde}$$

T_0 = tempo demandado para a coleta e depuração da documentação técnica da unidade fabril, $[T_0] = \text{mês}$

i = percentual do número total de equipamentos mecânicos estáticos (eme) da planta em não conformidade à NR 13, $[i] = \text{eme/eme}$

n_0 = número total de equipamentos mecânicos estáticos da planta, $[n_0] = \text{eme}$

n_1 = número total de engenheiros de processo na equipe de projeto, $[n_1] = \text{eng}$

n_2 = número de equipamentos mecânicos estáticos que não atendem aos requisitos da NR 13, $[n_2] = \text{eme}$

$\mu = 80$ = produtividade média esperada por engenheiro de processo (VIANA, 2002, p. 150), $[\mu] = \%$

$p = 2$ = rendimento médio por engenheiro sênior, $[p] = \text{eme/h/eng}$

q = número de sistemas enquadrados pela NR 13, $[q] = \text{sistema}$

$k = \frac{q}{n_2}$ = valor a ser determinado na amostra de equipamentos tomada

quando da preparação do escopo do projeto, $[k] = \text{sistema/eme}$

$t_2 = 8,5$ = média de horas trabalhadas por dia por engenheiro de processo conforme contrato de trabalho, $[t_2] = \text{h/d/eng}$

$t_3 = \mu \cdot t_2 = \text{tempo efetivo de trabalho diário por engenheiro} = 80 \% \times 8,5 = 6,8$, $[t_3] = \text{h/d/eng}$

t_5 = tempo médio para o desenvolvimento de MC e correspondente FD para DS por engenheiro de processo sênior, $[t_5] = \text{h/doc/eng}$

$t_8 = 20,8$ dias úteis de trabalho por mês para ano não bissexto (com 28 dias em fevereiro) ou 20,750 dias úteis de trabalho por mês para ano bissexto (com 27 dias em fevereiro), $[t_8] = d/mês$

Tem-se uma aplicação do modelo antes apresentado no Apêndice F para estimar o tempo de projeto de uma fábrica petroquímica de segunda geração, gerando o resultado satisfatório igual a 6,9 meses para as fases conceitual e básica, tendo praticamente reproduzido o tempo real demandado pelo projeto NR 13 executado na mesma unidade para a quantidade de equipamentos considerada na aplicação, cujo tempo de realização foi igual a 7 meses. Naquela aplicação são premissas:

- planta instalada há mais de três décadas, com existência de documentação não atualizada, demandando tempo para a devida correção;
- equipe de trabalho experiente e existência de documentos informatizados e pré-formatados para a realização do projeto;
- existência de facilidades para a realização do trabalho: disponibilidade de material técnico (normas, procedimentos, livros, etc.), de computadores e ferramentas computacionais adequados e em rede; de móveis e ambientes ergonômicos compatíveis com a produtividade esperada para os integrantes da equipe; serviços de apoio aos técnicos (transporte de pessoal, materiais de escritório, assessoria de informática, alimentação, etc.) plenamente operantes; e
- cooperação da contratante nas tarefas a serem executadas pela contratada, apesar de não haver sido inserido no contrato de serviços cláusula alguma suportando todo o projeto desenvolvido, para o fim de atingimento de sucesso.

É provável que qualquer uma das variáveis p , μ , i , T_0 , t_2 e t_5 apresente valor diferente do ora utilizado no exemplo ou caso apresentado antes. Sobre tal probabilidade e, em estreita concordância com o modelo deduzido para T_7 , entendam-se verdadeiros os seguintes comentários sobre os dados caracterizadores do projeto:

– μ e p são dependentes da qualidade da mão de obra utilizada: quanto mais treinados ou capacitados forem os membros da equipe, maiores serão aqueles valores;

– i tem a ver com a idade da unidade, esperando-se que tenha maior valor para plantas com maior idade de operação, mas tal assertiva ainda carece de comprovação;

– T_0 deve ser tão menor quanto melhor for a qualificação da mão de obra da equipe de trabalho e quanto menor for a idade da unidade fabril; e, equivalentemente, T_0 deve ser maior para o uso de mão de obra com pouca experiência e para fábricas mais antigas, passíveis de perda de qualidade na preservação da documentação de suas unidades;

– t_2 depende da carga horária a cumprir pelos trabalhadores e, dessa maneira, está atrelado ao contrato de trabalho especificamente feito para o projeto. Horas extras diárias de trabalho implicam em aumento para t_2 e na conseqüente diminuição de T_7 . Jornadas de trabalho aquém de 8,5 h/d/trabalhador acarretam em maiores valores para T_7 ;

– t_3 deve ser tanto maior quanto maior for a motivação da equipe, podendo estar aquém das 6,8 h/d/eng^o para engenheiros desmotivados para o trabalho;

– k deve superar o valor 1 ($k > 1$) se pelo menos um equipamento mecânico estático tiver mais de 1 sistema a ser enquadrado na NR 13 – e isso pode acontecer, por exemplo, se houver um trocador de calor do tipo casco e tubos no rol dos n_2 equipamentos enquadráveis na NR 13, o qual é composto de 2 sistemas, devendo os demais equipamentos terem obrigatoriamente 1 sistema cada um deles para ser enquadrado na NR 13; também, caso haja apenas 1 sistema a sofrer a aplicação da NR 13 por equipamento, havendo a possibilidade de agregar-se vários equipamentos interligados para comporem sistemas a sofrerem a aplicação da NR 13, então k pode ficar abaixo de 1, podendo inclusive ser zero quando individualmente os equipamentos parecem não cumprir a NR 13, mas quando considerados integrantes de sistemas com outros equipamentos (que cumprem as exigências da NR 13) se mostram já enquadrados naquela norma, i.e. $0 \leq k \leq 1$

(acontecendo $k = 1$ para a igualdade entre n_2 e os q sistemas a serem cobertos pela NR 13); e

– quanto melhor for a qualificação medida como capacitação e experiência dos integrantes da equipe de projeto, menor deve ser o valor esperado para t_5 , esperando-se que isso deve se refletir num menor tempo T_7 para a realização do projeto.

O modelo apresentado é simples e prático, mas pode ser melhorado à proporção que os tempos médios requeridos para a execução das fases de um projeto de adequação à NR 13 de uma unidade industrial sejam bem conhecidos, devendo ser utilizado por contratantes na etapa de contratação desse tipo de projeto, devendo ainda servir ao cálculo aberto dos homens-horas reais para o executante do projeto NR 13 e para a contratante do mesmo. Como pode haver variação dos índices técnicos usados na expressão de T_7 , recomenda-se que o cálculo seja feito para cada caso de projeto após serem concluídas as fases conceitual e básica.

Com o presente método que inicia o projeto NR 13 tomando uma amostra de equipamentos para investigar o índice de não conformidades de equipamentos apresentando algum item em descumprimento àquela norma e sendo esse índice melhorado em função das inspeções de campo nos equipamentos e da prospecção de erros e suas correções, em havendo a todo momento a participação do cliente como observador do desenvolvimento do projeto, inibem-se desvios de conduta nos representantes das partes interessadas. Dessa forma, pratica-se a Ética profissional e firma-se a confiança e o respeito recíprocos entre contratante e contratado. Inibe-se ainda a oferta de propostas com valores baixos ou aquém do limite de inviabilidade para serem intencionalmente corrigidos através de pleitos após o contrato já firmado por ambas as partes para o projeto. Fica, pois, o contratante livre para contratar a mão de obra que julgar ser a mais apropriada em qualificação e preço. O contratado deve sempre demonstrar que prestação de serviço realizou ou vem realizando no projeto NR 13, coincidente ao que foi integralmente visualizado e acompanhado pela contratante, que só resta concordar com a medição da mão de obra e pagá-la em conformidade com a cláusula contratual atinente. Tem-se, pois, demonstração de competência sobre as tarefas executadas, conhecimento e habilidade sobre o desenvolvimento de projeto NR 13.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 CONCLUSÕES

Pelo que se mostra neste trabalho, tem-se que a aplicação da NR 13 a uma indústria de processo exige a realização de tarefas importantes para o sucesso do projeto dos engenheiros de processo sênior e pleno e do inspetor de equipamentos, sendo que o último, contando com a colaboração dos responsáveis pela segurança e operação da planta, deve garantir a qualidade da documentação da unidade, que deve sofrer atualização para permitir que o projeto NR 13 possa acontecer, de fato. Assim, fica evidente que:

- a) para os engenheiros químicos sênior e pleno, cabe ao primeiro a verificação plena da documentação de processo gerada, com a participação de trabalhadores da operação da fábrica e da área de acompanhamento de processo, o levantamento dos cenários prováveis das condições operacionais capazes de provocar elevação da pressão de operação além da PMTA dos equipamentos, a correta identificação das necessidades de DS nos equipamentos mecânicos estáticos, ficando para o segundo seus dimensionamentos, além da classificação de cada equipamento mecânico estático para verificação do enquadramento do mesmo à NR 13. Apesar de neste trabalho não ter sido abordado o ruído provocado quando da abertura do DS, especialmente nos alívios de vapor de alta pressão para a atmosfera, sempre que possível, deve-se escolher SV, PSV ou PRV que produzam o menor ruído quando de suas atuações; e
- b) para o inspetor de equipamentos, a constatação física, *in loco*, da existência ou não de DS, PI, placas de identificação, etc., em cada equipamento mecânico estático da unidade, inclusive verificando se cada equipamento desenhado em P&ID e/ou desenho mecânico de conjunto existe de fato na área operacional e vice-versa; dessa forma, quando do procedimento para levantamento de todos os desenhos de conjunto dos equipamentos, em se constatando desvios dos mesmos

com relação à realidade da unidade, deve-se providenciar a atualização requerida. O inspetor de equipamentos deve contar com a ajuda de um projetista integrado à equipe, ao qual deve recair a responsabilidade pela atualização de todos os desenhos dos equipamentos mecânicos estáticos. Ao inspetor de equipamentos, compete ainda a elaboração dos prontuários dos equipamentos mecânicos estáticos, que juntamente com a documentação de processo (que classifica cada equipamento e demais documentos gerados – MC, FD, PC, LV, P&ID, etc.) devem compor o livro a ser entregue ao cliente ou empresário ou proprietário da unidade de processo que está sendo adequada à NR 13. O prontuário deve ser aprovado por profissional habilitado (PH).

Tanto os engenheiros quanto o inspetor de equipamentos devem contar com as colaborações do projetista e do desenhista “cadista” ao longo da elaboração de suas atividades. Depreende-se do presente estudo – a partir da terceira revisão sofrida pela NR 13 em 1994 – que foram estabelecidos legalmente duas benéficas obrigações: treinamento obrigatório, devidamente padronizado, para todo o corpo de operadores industriais de vasos de pressão e caldeiras, bem como pela melhor capacitação das equipes de técnicos de manutenção para os equipamentos estáticos cobertos pela norma; e técnicas de inspeção não intrusiva e o emprego da IBR, como atenção especial voltada para a manutenção preventiva fundamentada na obediência à norma, inibem sobremaneira a ocorrência de falhas nos equipamentos que possam a vir comprometer o parque industrial e até mesmo podendo ceifar vidas humanas.

Sabe-se que a análise de riscos objetiva identificar, com antecedência, possíveis perigos nas unidades fabris, nos processos, nos produtos e nos serviços, de modo que os riscos contra o ser humano, o meio ambiente e o patrimônio sejam quantificados, daí podendo-se levar a cabo propostas para um eficaz controle que busque inibir perigos. Portanto, a análise de risco faz-se em três passos, quais sejam: identificam-se os perigos; estima-se o risco de cada perigo calculando-se a probabilidade e a gravidade associada a um possível dano oriundo de cada perigo considerado; e toma-se a decisão considerando o risco tolerável ou não.

A intensificação da obediência à NR 13, devidamente acoplada a técnicas paralelas de inspeção de equipamentos, deve implicar em bons resultados para os empresários em virtude da lograda inibição de prejuízos com acidentes industriais.

A realidade brasileira acima é corroborada estatisticamente pelo fato de que acidentes industriais ampliados já não se registram mais no país desde que a NR 13 sofreu sua terceira revisão no final de 1994, oficializada plenamente em 1995 após algumas correções de erros de impressão na versão de 1994. Igualmente, pela redução do número de óbitos anual registrado nas indústrias de processo filiadas à ABIQUIM e na redução das taxas de frequência de acidentes nos tipos CAF e SAF e da taxa de gravidade de acidentes no âmbito do Complexo Industrial de Camaçari.

A melhora alcançada nos índices citados no parágrafo anterior são testemunhos da redução de acidentes e consequentes possíveis danos à saúde do trabalhador, isso significando um menor impacto sobre os custos das empresas, sobre os seus ativos e sobre o meio ambiente. Todavia, não é possível, com base no que foi apresentado neste trabalho, afirmar-se categoricamente que a vigente NR 13 deva ter ou não contribuído para a melhoria dos dados e indicadores estatísticos sobre a segurança industrial, muito menos é possível ter-se a quantificação da parcela devida à NR 13 sobre a melhora daqueles valores. No presente estágio em que os dados e informações de segurança estão disponibilizados para a consulta aberta, tão somente permitem que seja aquela norma entendida como alinhada aos bons resultados de segurança industrial no período posterior à vigência da atual NR 13.

Deve-se, sem sombra de dúvida alguma, combater o falso entendimento por técnicos, operadores e engenheiros de que cumprir a NR 13 se trata apenas de um projeto compulsório, que não apresenta retorno algum sobre o investimento despendido, pelo simples fato de que o mesmo tem sempre o ROI estimável, possível de ser calculado. Como importância e vantagem de se conhecer o ROI, que é determinado para o investimento em projetos NR 13, finito e inferior a vida útil da planta. Esse fato certamente deve atrair mais e mais os empresários para esse tipo de empreitada à proporção que os riscos de não cumprir a NR 13 se tornem elevados podendo até comprometer o negócio; e, também, porque deve agradar aos empregados nas indústrias de processo por se colocar como um projeto preocupado com a segurança do trabalhador fabril graças aos efeitos contrários à probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo equipamentos mecânicos estáticos, com

possíveis eventos que podem vitimar seres humanos na ambiência das fábricas e até mesmo habitantes de comunidades próximas às instalações industriais, além das chances de agressão ao patrimônio e ao meio ambiente. Todos – trabalhadores, empresários, comunidade e governo – devem se tornar atores em ação corroborante para a garantia da sustentabilidade da indústria de processo como resultado global da obediência à NR 13 acoplada à IBR e demais técnicas que a engenharia de confiabilidade recomenda.

Esse trabalho mostra que a adequação de uma planta de processo à NR 13 configura-se como uma atividade economicamente calculada e que pode ser atrativa, com ROI estimável (cf. Apêndice A). Trata-se, sim, de ação responsável do empresariado, alinhando-se com a garantia de segurança contra acidentes devidos a sobrepressões diferenciais em paredes de equipamentos mecânicos estáticos categorizados pela NR 13. Assim, unidades de processo protegidas corretamente com adequados DS devem tender a manter a sua continuidade operacional garantida por projeto ao tempo que danos decorrentes de possíveis subpressões ou sobrepressões operacionais em um dos lados das paredes dos equipamentos protegidos são inibidos, inviabilizando-se perdas de contenção dos produtos contidos naqueles equipamentos, inibindo-se conseqüentemente agressões ao meio ambiente (aos ativos próximos, aos trabalhadores, à comunidade, ao solo, ao ar e à água), alinhando-se, por conseguinte, com a garantia de sustentabilidade da indústria de processo.

Como exemplo ilustrativo, veja-se o Apêndice A, onde se realiza uma aplicação do modelo matemático para o caso de uma petroquímica de segunda geração existente no Complexo Industrial de Camaçari. Tem-se uma aproximação para o cálculo do tempo correspondente ao ROI, o qual, por imposta simplificação decorrente do método empregado, não incorpora possibilidades de lucro cessante, custos decorrentes de possíveis agressões ambientais, perda de imagem da empresa no mercado onde atua, dentre tantas outras formas de prejuízos possíveis e prováveis para plantas não integralmente protegidas por DS em todos os sistemas com equipamentos mecânicos estáticos.

Pela importância da NR 13 enquanto norma de segurança prevencionista, a exigência curricular para candidatos a operador de caldeiras a vapor e vasos de pressão deve ser o ensino médio completo e não apenas o ensino fundamental.

As exigências constantes nos itens 13.1.4 e 13.6.2, as quais impõem que a pressão de abertura de uma válvula de segurança seja ajustada para abertura em valor igual ou menor que a PMTA do equipamento ou sistema categorizado por essa norma, devem ser substituídas pelos requerimentos definidos pelo código ASME para a pressão de abertura da válvula de segurança porque isso não acarreta redução alguma da segurança operacional do(s) equipamento(s) e deve reduzir o retrabalho com novas e repetidas calibrações desnecessárias, a perda de tempo e os custos atrelados a essas perdas.

Atinge-se o objetivo maior desse trabalho, qual seja, obtém-se um modelo para o tempo de projeto (T_7), permitindo-se que se possa estimar o tempo demandado para realizarem-se as fases iniciais do projeto NR 13: a conceitual e a básica. E, em decorrência disso, uma vez que se o correto e transparente emprego do cálculo de T_7 (cf. Apêndice E) pode ser acompanhado pela contratante e contratada ao mesmo tempo, tem-se maior probabilidade de evitar-se subfaturamento ou superfaturamento para o serviço contratado. Portanto, o modelo ora apresentado deve ter o seu emprego amplamente recomendado no âmbito industrial.

Pode-se ainda inferir dessa conclusão, pelo que está evidenciado aqui, que uma vez definido contratualmente o cálculo de T_7 e estando o mesmo colocado em cláusula contratual, pleitos de contratadas para receber valores excedentes – não incluídos originalmente nos contratos desse tipo de projeto (para i maior que o valor determinado i_a para uma amostra dos equipamentos mecânicos estáticos da unidade a ser adequada à NR 13, preservados os demais dados formadores ou geradores do preço fechado para o contrato) – devem ser entendidos como válidos no futuro; por outro lado, de modo semelhante, o contratante deve solicitar revisão dos valores dos contratados sempre que $i < i_a$, dando-se aí a redução dos valores contratados. O contratado deve cobrar adicional de valor pelo serviço a maior prestado e, por outro lado, a contratante não deve pagar pelo serviço não realizado pela contratada. Por conseguinte, os contratos só devem ter numerários desembolsados quando os ditos estiverem associados pela contratante aos serviços efetivamente prestados pela contratada e, esses, por sua vez, devidamente associados aos homens-horas despendidos pela contratante e aplicados sobre as

tarifas definidas por homem-hora para cada disciplina ou integrante da equipe contratada.

6.2 SUGESTÕES

No presente estudo verificam-se alguns pontos vacantes no conhecimento técnico-científico, todos sendo indicadores de necessidades investigatórias complementares para realizar no futuro, quais sejam:

- a) Este trabalho limita-se a usar essencialmente a NR 13 e as *API recommended practice 520* (API RP 520), *API recommended practice 521* (API RP 521) e *API standard 526* (API S 526). Portanto, comparação alguma com outras normas é procedida aqui. Em decorrência da restrição acima, uma comparação com projetos similares baseados em outras normas tais como as da CGA, do CI, da NFPA e a da OSHA, relativamente às normas API RP 520 e API RP 521 ficam à parte esperando por uma abordagem mais extensa, num prolongamento futuro deste trabalho;
- b) Deixa-se para um trabalho futuro a tarefa de amplificar o estudo comparativo entre as normas internacionais que cobrem os DS contemplando análises sobre a comparação citada no parágrafo anterior, ocasião em que deve ser investigada e possivelmente avaliada a possibilidade de reduzir-se o valor do investimento em um projeto de adequação de uma unidade industrial de processo à NR 13;
- c) Inexiste levantamento sobre ganhos para o negócio industrial em consequência da correta obediência à NR 13. Também, não estão disponíveis na literatura aberta ou publicada registros sobre não conformidades por falta de DS, por exemplo, em equipamentos mecânicos estáticos categorizados pela NR 13, ou melhor, tais informações e dados jamais foram revelados claramente pelos empresários após uma unidade sofrer a adequação à NR 13;
- d) Destrinchar os valores da TFAC para as condições SAF e CAF passa certamente por um entendimento mais aprofundado dos valores até então registrados e ainda se fazem necessários intensos esforços investigatórios. Para este trabalho, no entanto, é suficiente a verificação de que os índices TFAE e TFAC – tanto para a condição SAF como para a CAF – sofreram

reduções no período que sucedeu a revisão sofrida pela NR 13 em 1994, com referência ao estudo de caso feito com empresas do Complexo Industrial de Camaçari;

- e) Uma investigação maior e mais profunda faz-se necessária para apurar-se quantitativamente o impacto nos indicadores estatísticos abordados na redução dos custos das empresas, numa comprovação derradeira da melhoria ou da resposta real acontecida no padrão de segurança das indústrias de processo;
- f) Se a metodologia da API leva os engenheiros a projetarem válvulas de segurança com sobredimensionamento ou não é algo a ser destrinchado ainda por quem se aventurar nesse tipo de investigação. Entende-se que a investigação acima por ainda ser feita se afasta do objetivo deste trabalho. Entretanto, pela simplicidade que a API dedica ao dimensionamento de válvula de segurança – onde o fluido apresenta-se em duas fases – sugere pensar-se que o cálculo pode levar a válvulas superdimensionadas por segurança. Em sendo a especulação ou conjectura anterior verdadeira, as válvulas devem certamente implicar em maior custo no investimento correspondente à sua aquisição e correspondente instalação, todavia devem oferecer a segurança requerida pelos equipamentos contra sobrepressões operacionais. Precisa-se, sem sombra de dúvida alguma, investigar amiúde o que ora está apenas colocado aqui;
- g) Não perfaz o escopo deste trabalho investigar e decidir qual o melhor caminho a seguir no dimensionamento de válvula de segurança quando o fluido for supercrítico;
- h) Recomenda-se que um banco de dados sobre a aplicação da NR 13 em indústrias de processo nacionais seja concebido e administrado por entidade governamental, como a Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro), rigorosamente e de modo a revelar explícito propósito de terem-se todos os dados referentes aos projetos de adequação de fábricas de processo em território nacional à NR 13 para usufruto dos proprietários de instalações de processo no Brasil. O banco de dados ora imaginado deve conter informações e estatísticas de custos e registros de ocorrências indesejáveis ou acidentes com equipamentos mecânicos estáticos, análises de causas dos eventos indesejáveis, mostrando as melhorias levadas a cabo com sucesso

ou não. Devem figurar nesse banco de dados os resultados de pesquisas de satisfação dos trabalhadores no ambiente fabril ao longo dos anos e os resultados do negócio para cada empresa. Também, soluções de problemas alcançadas devem ser dispostas de modo aberto, desburocratizadas, com possibilidade de acesso livre às mesmas pelo poder público, pelas comunidades e pela iniciativa privada, de modo integrado e harmonioso, “à altura dos anseios e necessidades na divulgação de informações e no planejamento de contingências” (ANDRADE; LACERDA, 2006, p. 1);

- i) Deixa-se para um trabalho futuro a tarefa de amplificar o estudo comparativo entre as normas internacionais que cobrem os DS, trabalho esse que deve analisar o atendimento de garantias de efetiva proteção dos sistemas, de cumprimento das normas técnicas nacionais e internacionais, mas que também identifiquem possibilidades de reduzir o valor do investimento em um projeto de adequação de uma unidade industrial de processo à NR 13. Procura-se, então, fazer o compulsório projeto NR 13 mostrar-se interessante e, dessa forma, motivar o proprietário de caldeira(s) a vapor e/ou vaso(s) de pressão a atender às exigências legais da NR 13;
- j) O refinamento do modelo para o tempo do projeto NR 13, fases conceitual e básica, depende de uma base de dados sobre esse tipo de projeto, a qual ainda precisa ser criada para ser devidamente cuidada por organismos como a Fundacentro e o INMETRO;
- k) Com as investigações anteriores realizadas, o desafio maior para o futuro compreende o desenvolvimento de um programa computacional ou aplicativo comercial a ser usado em projetos de adequação de plantas de processo à NR 13, facilitando sobremaneira esse tipo de projeto.

REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, Lyle Frederick (Ed.). *Albright's Chemical engineering handbook*. Boca Raton: CRC, 2009. 1938 p.

ALMEIDA, Bernardo Pedro Esteves Ferreira de. *Estudo da metrologia RAMS: aplicação a um caso prático*. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

American Petroleum Institute. *Risk-Based Inspection Technology*. API recommended practice 581. 2. ed. API: Washington, 2008. 654 p.

_____. *Sizing, selection, and installation of pressure-relieving devices in refineries: Part I – Sizing and selection*. API recommended practice 520. 6. ed. API: Washington, 2000. 86 p.

_____. _____. *Part II – Installation*. API recommended practice 520. 4. ed. API: Washington, 1994. 20 p.

_____. *Guide for pressure-relieving and depressuring systems: API recommended practice 521*. 4. ed. API: Washington, 1997. 106 p.

_____. *Flanged steel pressure relief valves: API standard 526*. 5. ed. API: Washington, 2002. 42 p.

ANDRADE, Eurídice S. Mamede de; LACERDA, Gleide B. M. *Direito à informação no Brasil: um impedimento à gestão pública de acidentes com efeitos externos na indústria de petróleo*. In: Encontro de Engenharia Ambiental, 2., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2006. Disponível em: < http://www.thecnna.com/pdf/ufrj_ambientavel.pdf>. Acesso em: 29 out. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. *Programa de parceria para o Atuação Responsável*. São Paulo: ABIQUIM, 2003. p. 1-8. Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/pdf/prog_parceria_ar.pdf>. Acesso em 16 out. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 11096: caldeiras estacionárias aquotubulares e flamotubulares a vapor: terminologia*. Rio de Janeiro, 2000. 25 p.

_____. *NBR 12177-1*: caldeiras a vapor: inspeção de segurança – parte 1: caldeiras flamotubulares. Rio de Janeiro, 1999. 24 p.

_____. *NBR 12177-2*: caldeiras a vapor: inspeção de segurança – parte 2: caldeiras aquotubulares. Rio de Janeiro, 1999. 35 p.

_____. *NBR 13203*: caldeiras estacionárias elétricas a vapor: inspeção de segurança. Rio de Janeiro, 2000. 20 p.

_____. *NBR 13598*: vasos de pressão para refrigeração. Rio de Janeiro, 1996. 11 p.

_____. *NBR 14724*: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2011. 15 p.

_____. *NBR 15417*: vasos de pressão: inspeção de segurança em serviço. Rio de Janeiro, 2007. 53 p.

BERLANGER, Jean et al. *Responsible Care*: history and development. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1-29. Disponível em: <<http://www.eng.mcmaster.ca/civil/facultypages/krantz11.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2013.

BATALHA, Márcio Otávio (Org.). *Introdução à engenharia de produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 312 p.

BELLOF, Beth (Ed.); LINES, Marianne (Ed.); TANZIL, Dickson (Ed.). *Transforming sustainability into action: the chemical industry*. New Jersey: Wiley, 2005. 542 p.

BITTENCOURT, Tatiana de Sá. *Projeto de política regional de assistência farmacêutica: o exemplo do Polo Petroquímico de Camaçari*. 180 f. Dissertação (Mestrado em Análise Regional) – Universidade de Salvador – UNIFACS, Salvador, 2005.

BRANAN, Carl R. (Ed.). *Rules of thumb for chemical engineers: a manual of quick, accurate solutions to everyday process engineering problems*. 4. ed. New York: Elsevier; Gulf, 2005. 480 p.

BRASIL. Secretaria de Inspeção do Trabalho. Portaria nº 368, de 18 de abril de 2013. Trata de proposta de texto para revisão da Norma Regulamentadora nº 13 (Caldeiras e Vasos de Pressão) disponibilizada para coleta de sugestões da sociedade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, p. 181, 19 abr. 2013. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/2013-2.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

BUEL, Richard H. *Safety-valves*. New York: D. Van Nostrand, 1875. 100 p.

CAMPANHA, Benedito Oliveira. Sobre o emprego da NR 13 nas fábricas do setor sucroalcooleiro (título nosso). nov. 2007. Ribeirão Preto: Jornal Cana. *Entrevista concedida ao Grupo de Segurança Ocupacional da Agroindústria (GSO)*.

CAMPOS, Márcia Aparecida de. *Estudo das instalações e operação de caldeira e vasos de pressão de uma instituição hospital, sob análise da NR 13*. 2011. 81 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

Center for Chemical Process Safety (CCPS). *Guidelines for risk based process safety*. New York: Wiley, 2007. 698 p.

_____. *Safe design and operation of process vents and emission control systems*. New Jersey: Wiley, 2006. 343 p.

CERQUEIRA, Jorge Pedreira de. *Sistemas de gestão integrados: ISO 9001, NBR 16001, OHSAS 18001, SA 8000 – conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

CHEMISTRY INDUSTRY ASSOCIATION OF CANADA. *A brief history of Responsible Care*. [S.l.: s.n.], [20??]. Disponível em: <http://www.canadianchemistry.ca/responsible_care/index.php/en/responsible-care-history>. Acesso em: 16 out. 2013.

CICCO, Francesco de. *Custo de acidente*. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, v. 12, n. 45, jan./fev./mar., 1984.

COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI. *Relatório de Atividades 2006*. Camaçari: COFIC, 2007. 48 p. Disponível em:

<<http://www.coficpolo.com.br/Noticias/Atividades%20Cofic%202006.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2013.

CRA-MT, Encontro Sucreenergético, 2., 2011. Disponível em: <http://www.cramt.org.br/TNX/conteudo.php?pageNum_Pagina=4&sid=44&cid=1503&totalRows_Pagina=954>. Acesso em: 23 out. 2013.

CROSBY VALVE INC. *Pressure relief valve engineering handbook*. Wrentham: CROSBY, 1997. 111 p. Disponível em: <<http://www.isibang.ac.in/~library/onlinerz/resources/enghandbook3.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2013.

CROWL, Daniel A.; LOUVAR, Joseph F. *Chemical process safety: fundamentals with applications*. New Jersey: Prentice-Hall, 1990. 426 p.

CROZIER, R. A. *Sizing relief valves for fire emergencies*. Chemical Engineering, out., 1985, p.49-54.

CRUZ, Carlos Augusto Ornellas da; SILVA, Gustavo Murilo Alcântara. *Caldeiras e vasos de pressão: NR 13: análise do pré-requisito de 1º grau para a capacitação dos profissionais que participam dos treinamentos de segurança*. 2008. 58 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

CUMO, Maurizio (Ed.); NAVIGLIO, Antonio (Ed.). *Safety design criteria for industrial plants*. Boca Raton: CRC, 1989. 242 p.

CURIA, Luiz Roberto (Org.); CÉSPEDES, Livia (Org.); NICOLETTI, Juliana. *Segurança e medicina do trabalho*. 11. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 1174 p.

DARBY, Ron; MEILLER, Paul R.; STOCKTON, Jarad R. Select the best model for two-phase relief sizing. *Chemical Engineering Progress*, p. 56-64, maio 2001. Disponível em: <<http://people.clarkson.edu/~wwilcox/Design/reliefv.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2013.

DUARTE, Moacyr. *Riscos industriais: etapas para investigação e a prevenção de acidentes*. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002. 340 p.

DUPONT. STOP. [S.l.]: DuPont, 2011. Disponível em:
<http://www.abiquim.org.br/pdf/prog_parceria_ar.pdf>. Acesso em 16 out. 2013.

ECKSTEIN, Carlos Bruno; HAEMMERLE, Janyne Rodrigues; ETTER, José Ademar Nucci. *API-RBI e NR 13 – documentos complementares*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 8., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2005. p. 1-7.

ECKSTEIN, Carlos Bruno; JATKOSKI, Edneu; ETTER, José Ademar Nucci. *Inspeção baseada em risco e NR 13: uma breve análise de consistência*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2002a. p. 1-14. Disponível em:
<<http://www.aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/PDF/COTE163.PDF>>. Acesso em: 31 out. 2013.

_____. *Inspeção baseada em risco segundo API 581: aplicação do API-RBI software*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002b, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2002b. p. 1-10.

ESTEVES, Vinícius Teixeira; LIMA, Marco Aurélio O. *Proposta de inclusão da técnica inspeção baseada em risco na Norma Regulamentadora NR 13*. In: RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE, 11., 2012a, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. p. 1-10.

_____. _____. In: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON PROCESS SAFETY, 4., 2012, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: CCPS, 2012b. p. 1-10.

_____. _____. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS (COTEQ), 12., 2013, Porto de Galinhas. **Anais eletrônicos...** Porto de Galinhas: ABENDI, 2013. p. 1379-1393.

ESTEVES, Vinícius Teixeira; LIMA, Marco Aurélio O; SACRAMENTO, Roberto. *Proposta de inclusão da técnica inspeção baseada em risco na Norma Regulamentadora NR 13*. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE INSPEÇÃO, INTEGRIDADE, CORROSÃO E DETERIORIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS, INSTALAÇÕES E OBRAS, 4., 2012c, Salvador. Disponível em:
<<http://www.eeemba.br/enpi-2012/nr13-plestra>>. Acesso em: 31 out. 2013.

FÁVERO, Marcos. Equipamentos Brumazi destacam-se pela qualidade e alta performance. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, jun. 2013. Negócios e Oportunidades, p. 96.

FERREIRA, Leda Leal; IGUTI, Aparecida Mari. *O trabalho dos petroleiros: perigoso, complexo, contínuo e coletivo*. São Paulo: Scritta, 1996. 154 p.

FERREIRA, Maria Cláudia Oton Oliveira Magalhães. *A influência da licença de operação do Polo Petroquímico de Camaçari na melhoria da gestão de riscos de processos*. 2009. 66 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

FLEMING, Paulo Victor; GARCIA, Claudio de Brito. *Avaliação de riscos industriais e ambientais com a análise preliminar de perigos (APP) e lógica fuzzy*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 19., 1999. Salvador: ABEPRO, 1999. p. 1-20. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1999_a0521.pdf>. Acesso em: 16 out. 2013.

FÖLLMER, Bernhard; SCHNETTLER, Armin. *Safety relief valves according new requirements of EM (PED) versus AD/TRD or ASME*. In: INDUSTRIAL VALVES, INTERNATIONAL EDITION OF INDUSTRIEARMATUREN, 2004, Vulkan, Essen, 2004. p. 36-41.

FONTES, Pedro; ALVES, Helio. *IBR e NR 13: gestão pela vida útil das instalações*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 8., 2005, Salvador. Anais... Salvador: ABENDI, 2005. p. 1-6.

FREIRE, José Luiz de França; ILDEFONSA, Alberto. *Uma planilha para análise de risco em dutovias aplicando o método de Muhlbauer*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2002. p. 1-8.

FREITAS, Carlos Machado de; PORTO, Marcelo Firpo de Souza; GOMES, Carlos. *Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública*. *Revista Saúde Pública*, 29(6), 1995. p. 503-514.

_____. *Acidentes químicos ampliados: a visão dos trabalhadores*. São Paulo: Fundacentro, 1998.

FREITAS, Carlos Machado de (Org.); PORTO, Marcelo Firpo de Souza (Org.). *Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000. 316 p.

FREITAS, Carlos Machado de; PORTO, Marcelo Firpo de Souza. *Saúde, ambiente e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2006. 124 p.

FREITAS, Nilton B. B. *Limites do exercício do direito de recusa ao trabalho em condições de risco grave e iminente*. *Gestão & Produção*, [S.l.], v.1, n.1, p. 77-88, abr. 1994.

FREITAS, Nilton Benedito Branco (Org.); PORTO, Marcelo Firpo de Souza (Org.); FREITAS, Carlos Machado de (Org.). *Acidentes químicos ampliados: a visão dos trabalhadores*. Anais do Seminário Nacional sobre os Riscos de Acidentes Maiores. São Paulo: Fundacentro, 2002. 132 p.

FUNDACENTRO. *Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão*. São Paulo: Fundacentro, 1997. 106 p. il.

GARRETT, Donald E. *Chemical engineering economics*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. 432 p.

DISASTER MANAGEMENT INSTITUTE. *Human factors vs accident causation: industrial disaster risk management*. Bhopal: DMI, 2010. 30 p.

JAPAN INTERNATIONAL CENTER OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. *Concept of "Zero-accident total participation campaign"*. [S.l.: s.n.], 1999. Disponível em: <<http://www.jniosh.go.jp/icpro/jicosh-old/english/zero-sai/eng/>>. Acesso em: 16 out. 2013.

JONES, D.S.J. *Elements of chemical process engineering*. New York: Wiley, 1996. 528 p.

JONES, Moisés Sebastião. *Inspeção baseada em riscos: válvulas de segurança de equipamentos sob pressão*. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

KLETZ, Trevor A. *O que houve de errado?: casos descritos em indústrias químicas, petroquímicas e refinarias*. Tradução Antonio Gomes Mattos Júnior; Antonio Gomes Mattos Neto. São Paulo: Pearson Makron Books, 1993. 279 p.

KORETSKY, Milo D. *Termodinâmica para engenharia química*; tradução Márcio José Estillac de Mello Cardoso, Oswaldo Esteves Barcia, Rosana Janot Martins. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

LIEBERMAN, Norman P. *Process design for reliable operations*. 2. ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1988. 263 p.

LLORY, Michel. *Acidentes industriais: o custo do silêncio: operadores privados da palavra e executivos que não podem ser encontrados*. Tradução Alda Porto. Rio de Janeiro: Multiação Editorial, 1999. 320 p.

LUBISCO, Nídia Maria Lienert; VIEIRA, Sônia Chagas. *Manual de estilo acadêmico: trabalhos de conclusão de curso, monografias, dissertações e teses*. 5. ed. Salvador: EDUFBA, 2013. 145 p.

LUDWIG, Ernest E. *Applied process design for chemical and petrochemical plants*. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2007. 996 p. (v. 1).

MACHADO, Fúlvio Pinheiro. Manutenção da hora!: acumuladores devem estar em conformidade com a NR 13 no sistema hidráulico das moendas. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, jan. 2013. Industrial, p. 65. Disponível em: <<http://www.procana.com.br/publicacoes/JornalCana/ed228/files/assets/seo/page65.html>>. Acesso em: 20 out. 2013.

_____. Sinatub promoveu curso sobre vasos de pressão: curso abrangeu projetos com o Código ASME e NR 13. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto. [20--?]. Disponível em: <<http://www.procana.com.br/publicacoes/JornalCana/ed224/files/assets/seo/page162.html>>. Acesso em: 20 out. 2013.

MALEK, Mohammad A. *Pressure relief devices: ASME and API code simplified*. New York: McGraw-Hill, 2006. 492 p.

MARQUES, Francisco C. R. *Proposta para ajustes na NR 13 e seu impacto na Petrobras e na indústria brasileira em geral*. In: CONFERÊNCIA SOBRE

TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 12., 2013, Porto de Galinhas. **Anais eletrônicos...** Porto de Galinhas: ABENDI, 2013. p. 2196-2202.

MARTINS, Filipe José Soares. *Análise da possibilidade de crescimento subcrítico de descontinuidade durante a realização de testes hidrostáticos em vasos de pressão e seus possíveis efeitos*. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARTINS, Oswaldo Francisco; MELO, Silvio Alexandre B. Vieira de; FONTES, Cristiano H. de Oliveira. *Estimativa de tempo para a elaboração de um projeto de adequação de uma planta de processo à NR 13*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 12., 2013a, Porto de Galinhas. **Anais eletrônicos...** Porto de Galinhas: ABENDI, 2013. p. 2565-2574.

_____. *Estudos de casos de segurança alinhados com a NR 13*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador: ABEPRO, 2013b. p. 2565-2574.

MATHIAS, Artur Cardozo. *Válvulas: industriais, segurança, controle: tipos, seleção, dimensionamento*. São Paulo: Artliber, 2008. 464 p.

MATTHEWS, Clifford. *A quick guide to pressure relief valves (PRVs)*. London: Professional Engineering, 2004. 140 p.

Ministério da Previdência Social – MPS, Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social. *Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS*. Brasília: MPS/DATAPREV, 2007. 862 p. Disponível em: <<http://www.mps.gov.br/conteudoDinamico.php?id=423>>. Acesso em: 02 mar. 2013.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO ... [et al.]. *Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: AEAT 2011, vol. 1 (2011)*. Brasília: MTE: MPS, 2012. 928 p. Disponível em: <<http://www.mps.gov.br/conteudoDinamico.php?id=423>>. Acesso em: 02 mar. 2013.

MIRANDA, Carlos Roberto. *Ataque ao mundo do trabalho: terceirização e seus reflexos na segurança e saúde do trabalhador*. Portal Saúde e Trabalho Online, 2006. Disponível em:

<http://www.puro.uff.br/observatoriodotrabalho_precarizacao>. Acesso em: 31 out. 2013.

MORAIS, Célio Bonfim. *Certificação de SPIE como estratégia prevencionista de acidentes*. In: SEMINÁRIO DE MANUTENÇÃO e INSPEÇÃO DE ADIDENTES EM EQUIPAMENTOS NO E&P, 2., 2003, Natal. **Anais...** Natal: [s.n.], 2003. 1-14 p.

MORENO, Andréia. Encontro sucroenergético discute gestão, desafios e tecnologias. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto. ago. 2013. Produção. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/noticia/Jornal-Cana/48294+Encontro-sucroenergetico-discute-gestao-desafios-e-tecnologias>>. Acesso em: 23 out. 2013.

_____. Qualidade e segurança são fundamentais na compra de vasos de pressão. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto. [20--?]. Disponível em: <<http://www.procana.com.br/publicacoes/JornalCana/ed224/files/assets/seo/page162.html>>. Acesso em: 20 out. 2013.

_____. Vasos de pressão exigem cuidados na fabricação, montagem e manutenção. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, dez. 2008. Tecnologia Industrial, p. 29-30. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAesK4AK/inspecao-vaso-nr13>>. Acesso em: 20 out. 2013.

MOTA, Joelma Gonçalves Damasceno. *Inspeção baseada em risco aplicada ao planejamento de paradas de manutenção*. In: CONGRESSO MUNDIAL DE MANUTENÇÃO, 1., 2002; CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO, 17., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2002. Disponível em: <<http://www.aaende.org.ar/ingles/sitio/biblioteca/material/T-035.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2013.

NR 13: manual técnico de caldeiras e vasos de pressão – edição comemorativa 10 anos da NR 13. Brasília: MTE: SIT: DSST, 2006. 124 p.

OHLWEILER, Davi Roberto. *A inspeção baseada em risco como uma ferramenta de gerenciamento dos riscos de processo*. In: Congresso de Atuação Responsável, 13., 2010, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: ABIQUIM, 2010. p. 1-11.

Disponível em: <http://abiquim.org.br/congresso/cong_cd/fullpapers/P171812.pdf>.

Acesso em: 14 out. 2013.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. *Prevenção de acidentes industriais maiores: um código de práticas da OIT*. Tradução Fundacentro. São Paulo: Fundacentro, 2002. 120 p.

OUDERKIRK, Ryan. Rigorously size relief valves for supercritical fluids. *Chemical engineering progress (CEP)*, Philadelphia, p. 34-43, Aug. 2002.

PALMIERI et al. O papel da SESMT no auxílio da gestão de empresas. *@Lumni*, Itu, v. 1, n. 1, mar. 2011. Disponível em:

<http://fgh.escoladenegocios.info/revistaalumni/artigos/Artigo_Palmieri.pdf >.

Acesso em: 21 nov. 2013.

PASSOS, Rômulo Augusto de Souza. *Comparação entre a técnica RBI e a norma NR 13 para a determinação de planos de inspeção para equipamentos mecânicos estáticos*. In: ENCONTRO NACIONAL DE END E INSPEÇÃO, 8., 2010, Natal.

Anais eletrônicos... Natal: ABENDI, 2010. p. 1-20.

PEREIRA, Alexandre Demétrius. *Tratado de segurança e saúde ocupacional: aspectos técnicos e jurídicos: NR 13 a NR 15*. São Paulo: LTr, 2005. 424 p. (v. 3).

PEREIRA, Antonio Fernando de A. Navarro; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves.

Os acidentes industriais e suas consequências. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL MANAGEMENT, 4., CONGRESO DE INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN, 14., 2010, Donostia. **Anais eletrônicos...**

Donostia: [s.n.], 2010, p. 652-661.

PEREIRA FILHO, Jorge dos Santos. *Análise de efeitos de teste hidrostático em vaso de pressão*. 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

_____. *Os rumos da inspeção de equipamentos no Brasil*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 8., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2005. p. 1-5.

PERRY, Robert H. (Ed.); CHILTON, Cecil H. (Ed.). Physical and chemical data. In: _____. *Chemical engineer's handbook*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1973. cap. 3, p. 1-270.

PERRY, Robert H. (Ed.); GREEN, Don W. (Ed.). Physical and chemical data. In: _____. *Chemical engineer's handbook*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 1984. cap. 3, p. 1-291.

PONTES, Herus; XAVIER, Antonio Augusto de Paula; KOVALESKI, João Luiz. *Redução dos riscos ambientais como responsabilidade da gestão industrial – um enfoque ergonômico*. In: Simpósio de Engenharia da Produção, 11., Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2004, p. 1-5.

PUIATTI, Roque Luís Mion. *Acidentes ampliados – OIT 174*. In: CONFERÊNCIA TECNOLÓGICA SOBRE EQUIPAMENTOS, 7., 2003. Florianópolis: ABENDI, 2003, p. 1-67. Disponível em: <<http://www.ibp.org.br/main.asp?ViewID=%7BE633015B-435C-449B-9BDF-1CBCB6012C75%7D¶ms=itemID=%7B2ED09325-EFD2-40A6-B5FE-570BFF73F196%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: 10 set. 2013.

QUADRADO, Flávio Emir; BEUREN, Jair. *Custos para implantação e manutenção do SPIE da UM-BSOL e ganhos com o processo*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 8., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2005. p. 1-15.

RAMOS, Renato. *Gerenciamento de projetos: ênfase na indústria do petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 142 p.

RASE, Howard F.; BARROW, M. H. *Project engineering of process plants*. 6. ed. New York: Wiley, 1967. 692 p.

REID, Robert C.; PRAUSNITZ, John M.; POLING, Bruce E. *The properties of gases and liquids*. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1987. 742 p.

REIS, Roberto Laone dos. *OHSAS 18001 – os benefícios da implantação do sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho*. 2009. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Administração) – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2009.

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA. *A química da segurança*. São Paulo: ABEQ, 2008, v. 24, n. 2, p. 7-11. ISSN 0102-9843.

RIBEIRO, Marco Antônio. *Válvulas de controle e segurança*. 5. ed. Salvador: Tek, 1999. 267 p. Disponível em: <<http://inspetordeinstrumentacao.com.br/biblioteca/Valvula%20Controle%205a.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2013.

RICCI, André. Guarani investe em colaboradores para prevenir acidentes. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, abr. 2013b. Segurança, p. 94.

_____. Grupo de estudo industrial debate indicadores e NR 13. *Jornal Cana*, Ribeirão Preto, jul. 2013a. Segurança, p. 53.

RODRIGUES, Kleber Christian et al. *Inovação tecnológica e desempenho empresarial: estudo exploratório no setor sucroalcooleiro em Campos de Goytacazes, RJ*. In: Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, 5., 2009, Viçosa. **Anais eletrônicos...** Viçosa: EMEPRO, 2009. p. 1-12.

RUDEK JUNIOR, Romildo et al. *Sistema de programação e planejamento de inspeção de tubulação*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2002. p. 1-9.

SAMPAIO, Marcus Vinicius Cruz. *Aplicação da inspeção não intrusiva em equipamentos do sistema de dessulfurização de gás natural da plataforma de Pampo*. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

SANTOS, Celso Mário Ferreira dos et al. *Inspeção e vasos de pressão utilizando ensaio ultrassom computadorizado e a norma API RP 579*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2002. p. 1-13.

SANTOS, Isabela Brito dos; SOUZA, Marcelo Imbiriçu de; LACERDA, Rogério Fernandes de. *Hysys passo a passo*. Salvador: DEQ/UFBA, 1999. 92 p.

SANTOS, Juvêncio Vieira et al. *Falhas em válvulas de segurança: levantamento estatístico durante paradas de manutenção*. In: CONFERÊNCIA SOBRE

TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2002. p. 1-10.

SANTOS, Juvêncio V.; GAZINI, Fernando T.; CARVALHO, Nestor F. de. *Limites de tolerância na calibração de PSV: o rigor na interpretação da NR 13 é necessário?* In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 12., 2013, Porto de Galinhas. **Anais eletrônicos...** Porto de Galinhas: ABENDI, 2013. p. 2177-2185.

SANTOS, Juvêncio Vieira; GAZINI, Fernando Teixeira; PINTO, Junior Alexandre Moreira. *Certificação em serviço próprio de inspeção de equipamentos e responsabilidade social empresarial.* In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 8., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2005.

SARAIVA, Antonio Jose Ferreira. *Engenharia de processo nas plantas industriais: alerta para os riscos da síndrome do custo fixo e auxilia o engenheiro de processo na geração de valor.* Salvador: Solisluna, 2010. 195 p.

SENAI-MT. Encontro Sucroenergético, 3., 2012. Disponível em: <http://www.senaimt.com.br/hotsites/news_3_encontro_sucroenergetico/news_3_encontro_sucroenergetico.html>. Acesso em: 23 out. 2013.

_____. Encontro Sucroenergético, 4., 2013. Disponível em: <<http://www.senaimt.com.br/site/mostra.php?noticia=10110>>. Acesso em: 23 out. 2013.

SENDERS, John W. (Org.); MORAY, Neville P. (Org.). *Human error (cause, prediction and reduction): analysis and synthesis.* Boca Raton: New York: Abingdon: CRC, 1991. 153 p.

SILVA, Candido Luiz Queiroz. *Estudo da aplicação de ferramentas de segurança de uma usina termoelétrica.* 2008. 134 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

SILVA, Osmar José Leite da. *Válvulas industriais.* Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 332 p.

SKELTON, Bob. *Process safety analysis: an introduction.* Rugby: IChemE, 1997. 213 p.

SMITH, Peter (Ed.); ZAPPE, R.W. (Ed.). *Valve selection handbook: engineering fundamentals for selecting the right valve design for every industrial flow application*. 5. ed. New York: Elsevier; Gulf, 2004. 400 p.

SOARES, Vinícius Barreto. *Análise crítica das camadas de proteção exigidas pela NR 13 e sua adequação para processos de extração supercrítica*. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Química) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

SOUZA, Edilson Rocha de. *Uma contribuição à reformulação da norma regulamentadora 13 (NR 13) na perspectiva da adoção de sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional*. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

TISCHUK, John L. *Economics of risk based inspection systems in offshore oil and gas production*. In: CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 6., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: ABENDI, 2002. p. 1-11.

TOWLER, Gavin; SINNOTT, Ray. *Chemical engineering design: principles, practice and economics of plant process design*. London: Elsevier; Butterworth-Heinemann, 2008. 1246 p.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção*. Itajubá: UNIFEI, 2012. 201 p. Disponível em: <[http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/Apostila-Mestrado/Apostila Metodologia Completa 2012.pdf](http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/Apostila-Mestrado/Apostila%20Metodologia%20Completa%202012.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2013.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. *Process Technologies for nitrogen fertilizers*. Honolulu: University Press of the Pacific, 2003. 77 p. Reprinted from the 1978 edition.

VECCHI, Rodrigo de. *Regulamentos técnicos de apoio para atendimento à NR 13*. 2009. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. *Planejamento e controle da manutenção*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 2ª reimpressão, 2008. 176 p.

VIEIRA, Fernando de Oliveira et al. *Segurança do trabalho: a persistência de acidentes diante das políticas de prevenção*. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 5., 2009, Niterói. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8_0156_0544.pdf>. Acesso em: 31 out. 2013.

WINGATE, James A. *Applying the ASME codes: plant piping and pressure vessels*. New York: ASME, 2007. 204 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Cálculo do ROI para Projeto NR 13

1 MÃO DE OBRA	Símbolo	Tempo	Símbolo	Valor
		%/d		R\$/h
Gerente	$p_1 =$	50%	$v_1 =$	300.00
Engenheiro pleno	$p_2 =$	100%	$v_2 =$	210.00
Engenheiro sênior	$p_3 =$	30%	$v_3 =$	260.00
Projetista	$p_4 =$	100%	$v_4 =$	200.00
Desenhista cadista	$p_5 =$	100%	$v_5 =$	90.00
Inspetor de	$p_6 =$	100%	$v_6 =$	220.00
Total			$\sum p_i \cdot v_i = V =$	948.00
2 CARGA HORÁRIA	Símbolo	Valor	Unidade	
Diária		CH =	8.5	h/d
Rendimento		$\mu =$	80	%
Total médio d/mês		tmd =	22	d/mês
Tempo total efetivo de trabalho		$t_{efm} = CH \cdot \mu \cdot tmd =$	149.6	h/mês
3 TEMPO DO PROJETO NR 13	Símbolo	Valor	Unidade	
Mínimo		tmin =	6	mês
Máximo		tmax =	8	mês
4 NÚMERO DE SISTEMAS SEM DS	Símbolo	Valor	Unidade	
Mínimo		sdsmin =	10	%
Máximo		sdsmax =	20	%
5 NÚMERO DE EQUIP. MECÂNICOS ESTÁTICOS	Símbolo	Valor	Unidade	
Mínimo		nseedsmin =	500	sistema/planta
Máximo		nseedsmax =	1000	sistema/planta
6 INVESTIMENTOS PARCIAIS	Símbolo	Valor	Unidade	
DS	Mínimo	idsmin =	500.00	R\$/sistema
	Máximo	idsmax =	2,500.00	R\$/sistema
Linha	Mínimo	ilmin =	1,000.00	R\$/sistema
	Máximo	ilmax =	5,000.00	R\$/sistema
Instalação	Mínimo	iinstmin =	5,000.00	R\$/sistema
	Máximo	iinstmax =	18,500.00	R\$/sistema
7 PARCELAS DO INVESTIMENTO	Símbolo	Valor	Unidade	
Mínimo em serviços contratados		$V \cdot t_{efm} \cdot tmin = IA =$	850,924.80	R\$/planta
Mínimo em DSs+linhas+instalação		$nsemin \cdot (idsmin + ilmin + iinstmin) = IB =$	3,250,000.00	R\$/planta
Mínimo investimento		$Imin = IA + IB =$	4,100,924.80	R\$/planta
Máximo em serviços contratados		$V \cdot t_{efm} \cdot tmax = IC =$	1,134,566.40	R\$/planta
Mínimo em DSs+linhas+instalação		$nsemax \cdot (idsmax + ilmax + iinstmax) = ID =$	26,000,000.00	R\$/planta
Máximo investimento		$Imax = IC + ID =$	27,134,566.40	R\$/planta
8 VALOR DA PETROQUÍMICA	Símbolo	Valor	Unidade	
Valor estimado para a planta		VU =	70,000,000.00	US\$/planta
Margem do negócio petroquímico		mnp =	10.00	%
Cambio aproximado		CA =	2.10	R\$/US\$
Investimento mínimo		$Imin\% =$	2.79	% do valor da planta
Investimento máximo		$Imax\% =$	18.46	% do valor da planta
9 MARGEM LÍQUIDA DA PETROQUÍMICA	Símbolo	Valor	Unidade	
		$VU \cdot mnp = mln =$	7,000,000.00	US\$/planta
10 RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO	Símbolo	Valor	Unidade	
	Mínimo	$Imin / (mln \cdot CA) = ROImin =$	0.28	a
	Máximo	$Imax / (mln \cdot CA) = ROImax =$	1.85	a

APÊNDICE B – Cronologia da NR 13 e Legislação sobre Assuntos Relacionados à essa Norma

ITEM	ANO	DOCUMENTO LEGAL	DOU, DE...	ASSUNTO DO DOCUMENTO LEGAL
1	1891	Decreto nº 1.313, de 17.01.1891	[1891?]	“Tratava apenas de normas relativas ao trabalho de crianças no Distrito Federal (na época, a cidade do Rio de Janeiro) e nunca foi respeitado. Cabia aos estados a competência para legislar sobre o trabalho e a inspeção era inviabilizada pelos interesses patronais. Em 1921 foi criada a inspeção do trabalho, circunscrita ao Distrito Federal (Rio de Janeiro). [...] Com a reforma constitucional de 1926 estabeleceu-se a competência da União para legislar sobre o trabalho.” (cf. Wikipédia)
2	1918	Decreto nº 3.550, de 16.10.1918	[1918?]	Cria o Departamento Nacional do Trabalho, cabendo ao mesmo fiscalizar o cumprimento de leis sobre acidentes do trabalho, jornada, férias, trabalho de mulheres e menores e organização sindical.
3	1919	Decreto nº 3.174	[1919?]	Introduziu o conceito de risco profissional e também regulamentou a indenização por acidente de trabalho.
4	1919	Decreto Legislativo nº 3.724, de 15.01.1919	31.12.1919	Com cinco títulos: Título I – Dos acidentes do trabalho; Título II – Da indenização; Título III – Da declaração do acidente; Título IV – Da ação judicial; Título V – Disposições gerais.
5	1921	Recomendação da OIT	[1921?]	Surge a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) na OIT como Comitê para Estudos de Assuntos de Segurança e Higiene do Trabalho: "Os empregadores, cujo número de empregados seja superior a 100, deverão providenciar a organização, em seus estabelecimentos, de comissões internas, com representantes dos empregados, para fim de estimular o interesse pelas questões de prevenção de acidentes, apresentar sugestões quanto à orientação e fiscalização das medidas de proteção ao trabalho, realizar palestras instrutivas, propor a instituição de concursos e prêmios e tomar outras providências tendentes a educar o empregado na prática de prevenir acidentes".
6	1932	Decreto nº 21.690, de 01.08.1932	[1932?]	Cria as inspetorias regionais nos estados da federação, posteriormente transformadas em delegacias regionais do trabalho.
7	1933	Decreto nº 23.259, de 20.10.1933	[1933?]	Cria as delegacias do trabalho marítimo (DTMs), as quais foram extintas no governo de Fernando Collor de Mello.
8	1933	Decreto nº 23.569, de 11.12.1933	15.12.1933, Seção I, p. 23441	Regula o exercício das profissões de engenheiro, de arquiteto e de agrimensor.
9	1934	Decreto nº 24.637, de 10.07.1934	[1934?]	Impunha a obrigatoriedade de comunicação de acidentes do trabalho à autoridade policial e previa a imposição de multas administrativas pelo Departamento Nacional do Trabalho.
10	1940	Decreto-lei nº 1.985,	[1940?]	Estabelecia a competência do Ministério da Agricultura para fiscalizar e estabelecer normas

			de trabalho nas minas.			
11	1940	Decreto nº 2.168, de 06.05.1940	[1940?]		Substitui as inspetorias regionais nos estados da federação em delegacias regionais do trabalho.	
12	1941	Decreto-Lei nº 3.995, de 31.12.1941	12.01.1946 e 24.01.1946		Estabelece para os profissionais e organizações sujeitas ao regime do Decreto nº 23.569, de 11.12.1933, a obrigação do pagamento de uma anuidade aos Conselhos Regionais de que trata o mesmo decreto e dá outras providências.	
13	1943	Decreto-Lei nº 5.452, de 01.05.1943	09.08.1943		CLT, <u>Seção XII – Das Caldeiras, Fornos e Recipientes de Pressão</u> : Art. 187 (Dos Dispositivos de Segurança); Art. 188 (Da Inspeção de Segurança dos Equipamentos). Leis de proteção do trabalho foram então agrupadas na CLT.	
14	1944	Lei nº 6.479, de 09.04.1944	[1944?]		Cria a carreira de Inspetor do Trabalho.	
15	1944	Decreto-Lei nº 7.036, de 10.11.1944	13.11.1944, Seção 1, p. 19241		Reforma da Lei de Acidentes do Trabalho.	
16	1944	Decreto-Lei nº 7.036, de 1944	PUB. CLBR 1944		Reforma da Lei de Acidentes do Trabalho.	
17	1945	Decreto-Lei nº 7.243, de 15.01.1945	15.01.1945		Administrativo. Profissão. Dispensa, enquanto durar o estado da guerra, do pagamento da anuidade e obrigações contidas no art. 1º do Decreto-lei 3.955, de 31.12.1941, os profissionais habilitados de acordo com o Decreto nº 23.569, de 11.12.1933.	
18	1945	Portaria MTIC nº 229, de 19.06.1945	27.05.2011		Recomendam-se a adoção das instruções que se seguem e que visem orientar a criação e a atuação das CIPA, instituídas pelo Decreto-lei nº 7.036, de 10.11.1944, com caráter obrigatório nas empresas com mais de 100 empregados. Art. 82 do Decreto-lei nº 7036: “Os empregadores, cujo número de empregados seja superior a 100, deverão providenciar a organização, em seus estabelecimentos de comissões internas, com representantes dos empregados, para o fim de estimular o interesse pelas questões de prevenção de acidentes, apresentar sugestões quanto à orientação e fiscalização das medidas de proteção ao trabalho, realizar palestras instrutivas, propor a instituição de concursos e prêmios e tomar outras providências tendentes a educar o empregado na prática de prevenir acidentes.”	
19	1946	Decreto-Lei nº 9.533, de 31.07.1946	02.08.1946		Dispõe sobre a Consolidação das Resoluções do Conselho Federal de Engenharia e Arquitetura referentes ao exercício da Engenharia, Arquitetura e Agricultura.	
20	1947	Em 19.07.1947	[1947?]		A OIT adota a Convenção nº 81, que estabelece que cada membro da OIT, para o qual a referida convenção está em vigor, deve ter um sistema de inspeção do trabalho nos estabelecimentos industriais e comerciais.	
21	1953	Portaria MTIC nº 155,	[1953?]		Trata da segunda regulamentação, sendo que foi mantida em seu texto através do artigo	

		de 27.11.1953		primeiro, a obrigatoriedade de todas as empresas com mais de 100 empregados a organizar uma CIPA e é incluído no artigo segundo a recomendação para que as empresas com menos de 100 empregados adotassem espontaneamente uma organização semelhante às com obrigatoriedade, por ser de interesse para empregados e empregadores. Relaciona-se à organização das CIPA, através do artigo 5º, os membros representantes dos empregados não são mais indicados pelos sindicatos, mas eleitos pelos empregados. São aprovadas as Convenções do Trabalho de números 11, 12, 14, 19, 26, 29, 81, 88, 89, 95, 99, 100 e 101, concluídas em sessões da Conferência Geral da OIT, realizadas no período de 1946 a 1952.
22	1956	Decreto Legislativo nº 24, de 29.05.1956	[1956?]	Promulga as Convenções Internacionais do Trabalho de nº 11, 12, 13, 14, 19, 26, 29, 81, 88, 89, 95, 99, 100 e 101, firmadas pelo Brasil e outros países em sessões da Conferência Geral da OIT, ratificando, portanto, a Convenção nº 81 da OIT.
23	1957	Decreto nº 41.721, de 25.06.1957	[1957?]	Ministério do Trabalho passou a ser denominado de Ministério do Trabalho e Previdência Social.
24	1960	Lei nº 3.782	[1960?]	Criam-se os Conselhos Superiores de Trabalhos Marítimos, constituídos pelos representantes dos Ministérios do Trabalho e previdência Social e dos Empregadores e Empregados, hoje Comissão Tripartite
25	1964	Lei nº 4.589	[1964?]	Regulamento de Inspeção do Trabalho nas diversas especialidades – Fiscal do Trabalho, Médico do Trabalho, Engenheiro e Assistente Social e estabelece normas de inspeção
26	1965	Decreto nº 55.841, de 15.03.1965	[1965?]	Autoriza a instituição da Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho (Fundacentro) e dá outras providências.
27	1966	Lei nº 5.161, de 21.10.1966	[1966?]	Dispõem-se sobre as CIPA, regulamentando os artigos 158 e 167 da CLT, com redação dada pelo Decreto-Lei nº 229, de 28.02.1967.
28	1968	Portaria DNSHT nº 32, de 29.11.1968	[1968?]	Integra o Plano de Valorização do Trabalhador do Governo Federal, tornando obrigatória a existência dos serviços de medicina do trabalho e engenharia de segurança do trabalho em todas as empresas com um ou mais trabalhadores.
29	1972	Portaria nº 3.237, de 17.07.1972	[1972?]	Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia.
30	1973	Resolução nº 218, de 29.06.1973	31.07.1973	Altera o capítulo V do Título II da CLT, relativo à segurança e medicina do trabalho – artigos 154 a 201.
31	1977	Lei nº 6.514, de 22.12.1977	23.12.1977	28 NR são criadas e tem-se aqui a criação da NR 13. Também, NR 5 cobre a CIPA.
32	1978	Portaria MTb nº 3.214, de 08.06.1978 CRIAÇÃO DA NR 13	06.07.1978, nº 127, Seção I, Parte 1, p.	Art. 1º – Aprovar as Normas Regulamentadoras (NR) do Capítulo V, Título II, da CLT, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Art. 2º – As alterações posteriores, decorrentes da experiência e necessidade, serão

			10.423	baixadas pela Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho. Art. 3º - Ficam revogadas [...] (diversas revogações).
33	1983	Portaria SSMT nº 07, de 15.03.1983	18.03.1983	Redação da NR 28 estabelecendo a fiscalização e as penalidades por descumprimento de itens das NRs em que se aplicam. Inserir fiscalização e penalidades, aprovadas pela Portaria nº 3.214, de 08.06.1978 passa a vigorar.
34	1983	Portaria SSMT nº 12, de 06.06.1983 REVISÃO 1	14.06.1983, Seção I, p. 10.288 a 10.299	A experiência que mostrou a necessidade de adequação das Normas Regulamentadoras à evolução dos métodos e ao avanço da tecnologia. Art. 1º – Alterar as Normas Regulamentadoras NR 7, NR 8, NR 9, NR 10, NR 12, NR 13, NR 14, e o Anexo VIII da NR 15, aprovados pela Portaria n.º 3.214, de 08.06.1978. Art. 2º – Os prazos (P) previstos no Quadro III do Anexo I e as infrações (I) previstas no Quadro II do Anexo II, da NR 28, aprovada pela Portaria SSMT n.º 07, de 15.03.1983, no tocante às NR 7, NR 8, NR 9, NR 10, NR 12, NR 13 e NR 14, passam a vigorar com os valores estabelecidos nesta Portaria.
35	1983	Portaria SSMT nº 18, de 26.07.1983	28.07.1983, Seção I, p. 13.382-13.384	Art. 1º – Alterar prazos (P) previstos no Quadro III do Anexo e as infrações (I) previstas no Quadro II do Anexo II, da NE 18, aprovada pela Portaria SSMT n.º 7 de 15.03.83, no tocante a NR-18 que passou a vigorar com os valores estabelecidos nesta Portaria. Art. 2º – O descumprimento aos itens ou subitens 18.3.6, 18.3.15, 18.6.4, 18.7.4, 18.7.6, 18.7.9, 18.7.10, 18.7.12, 18.7.15, 18.7.24, 18.9.5, 18.9.10, 18.9.15, 18.9.26, 18.10.8, 18.10.9, 18.10.17.1, 18.10.20, 18.11.1, 18.11.4, 18.11.12, 18.11.14, 18.11.18, 18.11.29, 18.12.1, 18.12.2, 18.12.2.1, 18.12.3, 18.12.8, 18.12.8.2, 18.12.10 e 18.12.12 da NR 18 e 13.1.1 e 13.2.11, da NR 13 e Anexos VI e XIII – substâncias cancerígenas, da NR-15, será considerado de grave e iminente risco, para os fins e efeitos previstos na NR 3, ficando revogado o Quadro II ao Anexo I, da NR 28, aprovada pela Portaria 07, de 15.03.83. Art. 3º – O item 7.1, da NR 7 constante do Quadro II da NR-28, aprovada pela Portaria 07, de 15.03.83, passa a integrar o Quadro III da referido NR 28 para efeito de prazo, como P.
36	1983	Lei nº 7.133, de 26.10.1983	[1983?]	Altera o nome da Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho – Fundacentro para Fundação Centro Nacional Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho – Fundacentro.
37	1984	Portaria SSMT nº 02, de 08.05.1984 REVISÃO 2	07.06.1984, Seção I, p. 8.148 a 8.150	Art. 1º – Alterar a NR 13, aprovada pela Portaria nº 12, de 06.06.1983, que passa a vigorar com redação dada por esta mesma portaria. Art. 2º – A empresa que tiver Operador de Caldeira que não atenda ao disposto no subitem 13.4.2 terá 1 (um) ano de prazo, a partir da publicação desta portaria, para providenciar o treinamento de segurança previsto na NR 13. Art. 3º – Os prazos (P) previstos no Quadro III do Anexo I e as infrações (I) previstas no

38	1987	Decreto nº 95.461, de 11.12.1987	[1987?]	<p>Quadro II, da NR 28, aprovados pela Portaria SSMT nº 07, de 15.03.1983, no tocante a NR 13 passam a vigorar com os valores estabelecidos nessa portaria.</p> <p>Art. 4º – O descumprimento aos itens ou subitens 13.1.3; 13.2.4 alínea b; 13.5.1 alínea b e 13.3.1 alíneas a, b, c, d e e será considerado de grave e iminente risco, para os fins e efeitos previstos na NR 13.</p> <p>Revigorou o Decreto no 41.721, de 25.06.1957, novamente ratificando a Convenção nº 81 da OIT.</p>
39	1988	Decisão Normativa CONFEA nº 029, de 27.05.1988	14.07.1988, Seção I, p. 13.125	<p>Estabelece a competência nas atividades referentes à Inspeção e Manutenção de Caldeiras e Projetos de Casa de Caldeiras.</p> <p>“As atividades inerentes à Engenharia de Caldeiras, no que se refere à Inspeção e Manutenção de Caldeiras e Projeto de Casa de Caldeiras, competem: 01 – Aos Engenheiros Mecânicos e aos Engenheiros Navais; 02 – Aos Engenheiros Civis com atribuições do Art. 28 do Decreto Federal nº 23.569/33, desde que tenham cursado as disciplinas "Termodinâmica e suas aplicações" e "Transferência de Calor" ou outras com denominações distintas mas que sejam consideradas equivalentes por força de seu conteúdo programático; 03 – As Câmaras Especializadas dos CREA ou os Plenários farão a análise dos conteúdos programáticos das disciplinas, para efeito de equivalência, na aplicação da presente decisão normativa, somente em casos específicos e de dúvidas.”</p>
40	1991	Portaria SNT nº 02, de 28.05.1991	[1991?]	<p>Art. 1º – Alterar o artigo 2º da Portaria nº 18, de 26.07.1983;</p> <p>Art. 2º – Alterar o artigo 4º da Portaria nº 02, de 08.05.1984.</p> <p>(Secretaria Nacional do Trabalho tem SNT como sua sigla)</p>
40a	1991	Lei nº 8.213, de 24.07.1991	25.07.1991, Seção I, p. 14809	<p>Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências.</p>
41	1992	Decisão Normativa CONFEA nº 045, de 16.12.1992	08.02.1993, Seção I, p. 1.707	<p>Dispõe sobre a fiscalização dos serviços técnicos de geradores de vapor e vasos sob pressão.</p> <p>“1 – As atividades de elaboração, projeto, fabricação, montagem, instalação, inspeção, reparos e manutenção de geradores de vapor, vasos sob pressão, em especial caldeiras e redes de vapor são enquadradas como atividades de engenharia e só podem ser executadas sob a Responsabilidade Técnica de profissional legalmente habilitado. 2 – São habilitados a responsabilizar-se tecnicamente pelas atividades citadas no item 1 os profissionais da área da Engenharia Mecânica, sem prejuízo do estabelecido na Decisão Normativa nº 029/88 do CONFEA 3 – Todo contrato que envolva qualquer atividade constante do item 1 é objeto de Anotação de Responsabilidade Técnica – Art. 4 – As empresas que se propõem a executar as atividades citadas no item 1 são obrigadas a se</p>

42	1994	Portaria SSST n.º 23, de 27.12.1994	28.12.94	registrar no CREA, indicando Responsável Técnico legalmente habilitado.” Inclusão dos tempos máximos para adequação de unidades e valores das penalidades na NR 13. Revisão com erros técnicos de impressão.
43	1995	Portaria SSST n.º 23, de 27.12.1994 REVISÃO 3	26.04.1995	Inclusão dos tempos máximos para adequação de unidades e valores das penalidades na NR 13. Replicação da Portaria n.º 23 por antes ter saído com incorreções no original, agora sem erro algum de impressão.
44	1996	Portaria MTE n.º 393, de 09.04.1996	10.04.1996	Estabelece a metodologia na área de segurança do trabalho, atribuição da SSST, terá como princípio básico a adoção do Sistema Tripartite Paritário (STP) – Governo, Trabalhadores e Empregadores. “A definição de temas a serem normalizados e a identificação de normas a serem revistas deverão considerar pesquisas de natureza científica e sugestões da sociedade.” Esta Portaria tem sido chamada no meio industrial de “NR Zero”.
45	1999	Portaria SST n.º 8, de 23.02.1999	[1999?]	Em vigência para CIPA.
46	2001	Portaria INMETRO n.º 016, de 29.01.2001	[2001?]	A certificação dos SPIE), pertencente a uma organização, por Organismos Credenciados pelo INMETRO, dependerá do atendimento prévio dos requisitos estabelecidos nos Anexos I, II e III desta Portaria. Anexos I, II e III, respectivamente, tratam dos requisitos para SPIE, das regras para organismos de certificação de produto de empresas que possuem SPIE e dos requisitos para a formação de avaliadores para avaliação de SPIE.
47	2001	Decreto n.º 46.076, de 31.08.2001	[2001?]	Objetiva adequar as edificações.
48	2003	Portaria MTE n.º 1.127, de 02.10.2003	03.10.2003, Seção I, p. 100	Estabelece procedimentos para a elaboração de normas regulamentadoras relacionadas à saúde e segurança e condições gerais de trabalho.
49	2006	Portaria Capes n.º 013, de 15.02.2006	24.02.2006	Institui a divulgação digital das teses e dissertações produzidas pelos programas de doutorado e mestrado reconhecidos: (a) divulgação obrigatória de teses e dissertações defendidas a partir de março de 2006; e (b) obrigatoriedade de justificativa para a eventual ausência de depósito de obra, na forma disciplinada por esta Portaria, motivada pela proteção ao sigilo industrial ou ético.
50	2008	Portaria INMETRO n.º 130, de 25.04.2008	29.04.2008, Seção I, p.84	Trata da revisão do regulamento técnico e de avaliação da conformidade para SPIE. Sindicato dos Trabalhadores na Indústria Petroquímica (Sindipolo), que representa a Confederação Nacional do Ramo Químico (CNQ) e CUT Nacional neste importante fórum

				que trata da NR 13. Altera a redação da NR 13. "Art. 1º Alterar o caput dos itens 13.2.4 e 13.7.2, as alíneas b e c do item 13.2.5, a alínea a do item 13.5.4 e 13.7.4 da Norma Regulamentadora nº 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão, aprovada pela Portaria nº 23, de 27.12.1994, que passam a vigorar com a seguinte redação: "13.2.4 Quando a caldeira estiver instalada em ambiente fechado, a "Casa de Caldeiras" deve satisfazer os seguintes requisitos: 13.2.5... b) para as caldeiras da categoria A instaladas em ambientes fechados, as alíneas a, b, c, d, e, g e h do subitem 13.2.4 desta NR; c) para caldeiras das categorias B e C instaladas em ambientes fechados, as alíneas b, c, d, e, g e h do subitem 13.2.4 desta NR; 13.5.4 Estabelecimentos que possuam SPIE, conforme estabelecido no Anexo II, podem estender seus períodos entre inspeções de segurança, respeitando os seguintes prazos máximos: a) 18 meses para as caldeiras de recuperação de álcalis e as das categorias B e C; 13.7.2 Quando os vasos de pressão forem instalados em ambientes fechados, a instalação deve satisfazer os seguintes requisitos: 13.7.4 Constitui risco grave e iminente o não atendimento às seguintes alíneas do subitem 13.7.2: – a, c, d, e para vasos instalados em ambientes fechados; –a para vasos instalados em ambientes abertos; – e para vasos instalados em ambientes abertos e que operem à noite. Art. 2º Alterar o Quadro Categorias de vasos de pressão do Anexo IV."
51	2008	Portaria SIT nº 57, de 19.06.2008 REVISÃO 4	24.06.2008, Seção I, p. 137	Art. 1º – Aprovar o Regulamento Técnico da Qualidade para SPIE. Art. 2º – Cientificar que a Consulta Pública que originou o Regulamento ora aprovado foi divulgada pela Portaria INMETRO nº 130, de 25.04.2008, publicada no DOU, de 29.04.2008, seção 1, p. 84.
52	2009	<u>Portaria INMETRO nº 78, de 19.03.2009</u>	[2009?]	Regulamento de Avaliação da Conformidade para SPIE, disponibilizado no site www.inmetro.gov.br ou no seu endereço; Cientificar que a Consulta Pública que originou o Regulamento ora aprovado foi divulgada pela Portaria INMETRO nº 130, de 25.04.2008, publicada no DOU de 29.04.2008, Seção 1, p. 84; cientificar que fica mantida, no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (SBAC), a certificação voluntária para o SPIE, a qual deverá ser realizada
53	2009	Portaria INMETRO nº 79, de 19.03.2009	[2009?]	

54	2009	Portaria INMETRO nº 349, de 26.11.2009	27.11.2009	por Organismo de Certificação de Produto (OCP), acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO (Cgcre/INMETRO), consoante o estabelecido no regulamento ora aprovado. Art. 1º – Aprovar a revisão do Regulamento Técnico da Qualidade para SPIE.
55	2009	Portaria INMETRO nº 351, de 26.11.2009	[2009?]	Aprovação da revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para SPIE; manter, no âmbito do SBAC, a certificação voluntária para o SPIE, a qual deverá ser realizada por OCP, acreditado pelo INMETRO, consoante o estabelecido nos requisitos ora aprovados. Art. 1º – Aprovar a revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para SPIE. Art. 2º – Manter, no âmbito do SBAC, a certificação voluntária para o SPIE, a qual deverá ser realizada por OCP, acreditado pelo INMETRO, consoante o estabelecido nos Requisitos ora aprovados. Art. 3º – Estabelecer que o(s) OCP acreditado(s) pelo INMETRO para o escopo de SPIE terá(ão) prazo até dezembro de 2010 para avaliar a adequação das empresas por ele certificadas quanto aos Requisitos ora estabelecidos.
56	2010	Portaria SIT nº 183, de 11.05.2010	14.05.2010, Seção I, p. 199-205	Aprovação do Anexo II da NR 30 e os termos desta portaria são estendidos às demais NR, onde se inclui a NR 13.
57	2010	Portaria SIT nº 186, de 28.5.2010	01.06.2010	Estabelece o regimento das CNTT.
58	2011	Portaria SIT nº 234, de 09.06.2011	10.6.2011	Constituição e estabelecimento da composição da CNTT da NR 13.
59	2013	Portaria SIT nº 368, de 18.04.2013	19.04.2013, Seção 1, p. 181	Consulta técnica para coleta de sugestões da sociedade, em conformidade com a Portaria MTE nº 1.127, de 02.10.2003. Disponibiliza para consulta pública o texto técnico básico de revisão da Norma Regulamentadora nº 13. Para a revisão quinta da NR 13: adição de sumário, inclusão de tubulações entre vasos, possibilidade de uso da técnica IBR e inclusão de glossário. Os quatro anexos reduziram-se a dois apenas. Art. 1º – Disponibilizar para consulta pública o texto técnico básico para revisão da Norma Regulamentadora nº 13. Art. 2º – Fixar o prazo de sessenta dias, após a publicação deste ato, para o recebimento de sugestões ao texto.
60	2013	Portaria SIT nº 387, de 24.06.2013	25.06.2013, Seção I,	Para a revisão quinta da NR 13: prorrogação do prazo para Consulta Pública da NR 13 para o envio de sugestões e críticas referentes à Consulta Pública da Norma

61		p.59.	<p>Regulamentadora nº 13 (NR 13 - Caldeiras e Vasos de Pressão) foi prorrogado em 60 dias – até 23.08.2013.</p> <p>“Na última reunião da Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP), realizada nos dias 18 e 19 de junho, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) com o apoio das demais Confederações Empresariais, expôs a necessidade de um tempo maior para que os setores econômicos, em especial as pequenas e médias empresas, analisassem com maior profundidade o texto base técnico da NR 13, colocado em consulta pública pelo MTE. O pedido foi apoiado pelas Centrais Sindicais que compõem a representação de trabalhadores na Comissão, por entenderem também a necessidade de um tempo maior de análise.</p> <p>O pedido da representação empresarial baseou-se na necessidade de fomentar a discussão entre os pequenos estabelecimentos que detêm vasos de pressão de pequeno porte, os quais não se veem abrangidos por esta regulamentação, mas que também são alcançados pelos ditames da NR 13.”</p> <p>(Documento ainda não publicado.)</p>
	REVISÃO 5		

Fonte: Legislação disponível na *internet*.

APÊNDICE C – Erro Humano versus Treinamento: uma Breve Proposta de Modelagem de sua Relação Causa-Efeito

Seja $E^{C\&P}$ um erro conhecido e provável, passível de ser cometido por um ser humano, associado a uma ocorrência do tipo randômica ou não determinística, cujo decremento espera-se medir probabilisticamente após receber treinamento ministrado sobre as tarefas funcionais que o dito ser desempenha em uma determinada atividade laboral. Nesse instante, associe-se a probabilidade p_0 ao erro $E^{C\&P}$ acontecer antes do primeiro treinamento ser ministrado e, ao mesmo associando-se a probabilidade p_1 à ocorrência daquele mesmo erro após se dar o primeiro treinamento e assim por diante. Supondo verdadeira assertiva de Senders e Moray (2009, 125) de que “In terms of origins of errors, I continue to believe that, in practice, we must largely treat their occurrence as a random variable that can be only moderately modified by external factors such as training and task aids” (grifos nossos), tomando isso como equivalente a uma hipótese igualmente verdadeira para treinamentos agregadores de conhecimentos para os treinandos, então após o n -ésimo treinamento tem-se a probabilidade p_n para a probabilidade de cometimento do erro $E^{C\&P}$.

Como qualquer que seja a probabilidade p_0 , a mesma tem valor pertencente ao intervalo real fechado de 0 a 1, ou melhor, $p_0 \in [0,1]$. Assim, tem-se equivalentemente a desigualdade (01):

$$\Leftrightarrow 0 \leq p_0 \leq 1 \quad (01)$$

Esperando-se que o erro humano $E^{C\&P}$ considerado tenha seu valor probabilístico de ocorrência reduzido ou pelo menos mantido a cada novo treinamento ministrado ao ser humano, disso decorre a desigualdade (02):

$$\Rightarrow p_n \leq p_{n-1} \leq \dots \leq p_1 \leq p_0 \quad (02)$$

As 2 desigualdade (01) e (02) reescritas como uma única desigualdade ganham a representação dada por (03):

$$\Leftrightarrow 0 \leq p_n \leq p_{n-1} \leq \dots \leq p_2 \leq p_1 \leq p_0 \leq 1 \quad (03)$$

A desigualdade (03), representando desigualdades entre valores para a probabilidade de ocorrência do erro humano $E^{C\&P}$ após a ministração de n treinamentos, permite que se possa inferir valores para p_n aproximando-se de zero ($p_n \rightarrow 0$) quando o número de treinamentos feitos n for elevado ou tender a infinito ($n \rightarrow \infty$), devendo-se representar o valor do citado limite pela expressão (04):

$$\Rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} p_n = 0 \quad (04)$$

O mesmo raciocínio pode ser realizado para cada tipo de $E^{C\&P}$, repetindo-se os passos dessa demonstração para chegar-se à expressão (04), a qual se queria demonstrar. Dessa forma, tem-se que, com a ministração de treinamentos certos e/ou eficazes de operadores de caldeiras e vasos de pressão, é provável esperar-se pelo cometimento estatístico de erros humanos cada vez menos frequentes, o que equivale à assertiva de Senders e Moray que fora inicialmente referida aqui. Em síntese, deve-se acreditar que trabalhadores sadios e corretamente treinados tendem a errar menos, o que parece ser, pelo menos, razoável de ser pensado, acreditado e estatisticamente esperado acontecer.

APÊNDICE D – Dispositivos de Segurança

TIPOS DE DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA RECOMENDADOS

RD, *buckling-pin valve* ou válvula de alívio ou de segurança ou combinação de RD e válvula de alívio ou de segurança ou de válvula de haste entortável ou quebrável e válvula de segurança. “Em muitas indústrias, são chamadas de PSV (*pressure safety valve*), no caso de válvulas de segurança, ou PRV (*pressure relief valve*), para válvulas de alívio” (MATHIAS, 2008, p. 213-214).

RD é frequentemente usado à montante da válvula de alívio ou de segurança proporcionando proteção contra corrosão para a mesma e/ou para inibir possível vazamento decorrente de falta de estanqueidade da válvula. Também é usado como um dispositivo de alívio secundário. Na primeira aplicação, vê-se que a válvula de alívio ou de segurança objetiva proteger o sistema contra sobrepressão e o disco destina-se a proteger a válvula de alívio contra agressão do fluido, obstrução parcial ou plena do bocal de entrada da válvula de segurança quando da existência de material sólido no sistema, mantendo-a apta a operar a qualquer momento. Como ocorre com o DS tipo *buckling-pin* ou *breaking-pin valve* ser muito sensível à temperatura, se a temperatura de operação fugir do valor ambiente deve-se informar tal situação ao fornecedor, de sorte que a especificação e a aquisição sejam procedidas corretamente.

Válvula de segurança do tipo *buckling-pin* ou *breaking-pin* (onde se tem a quebra ou a deformação irreversível – em dobramento – do pino quando da atuação do DS) tem a função de proteger o sistema quando da falha da válvula de segurança por algum motivo, devendo ser aplicado sempre que para o mesmo ponto do processo protegido sejam necessárias várias válvulas de segurança com *sets* de abertura diferentes. Assim como acontece para o RD, deve-se trocar o pino sempre que o dispositivo atuar. Trata-se de um dispositivo com aplicação ainda rarefeita na indústria, cujo emprego guarda importância em geradores de vapor para atuação em lugar de válvula de segurança que ocasionalmente falhe, devendo-se aliviar o vapor para a atmosfera antes de a pressão no equipamento atingir o valor do ajuste de abertura de outra PSV com ajuste de abertura mais elevado e, assim, por diante. Por

consequente, trata-se de mais um dispositivo para proteger equipamentos contra sobrepressões além da PMTA.

Válvulas de alívio e de segurança estão bem contempladas por vastíssima literatura moderna e perfeitamente atualizada. Obras clássicas (BUEL, 1875; RASE; BARROW, 1967) ainda podem ser encontradas, mas hoje não passam de meras referências históricas e não mais são usadas pelo exigente engenheiro moderno.

Os engenheiros estão sempre procurando usar fontes recentemente publicadas ou cujas informações contenham alto grau de confiabilidade técnico-científica, evitando-se o uso de informações e dados ultrapassados ou superados, capazes de comprometer o sucesso objetivado por um projeto de segurança. São referências atualizadas, consultadas neste trabalho: (API, 1994, 1997, 2000); (CROWL; LOUVAR, 1990, p. 240-303); (SMITH; ZAPPE, 2004, p.169-291); (BRANAN, 2005, p. 25-28, p. 348-349); (JONES, 1996, p. 87-100); (WINGATE, 2007, p.139-179); (TOWLER; SINNOTT, 2008, p. 494, 1043-1050); (MALEK, 2006); (CROSBY, 1997); (MATHIAS, 2008, p. 213-345); (SILVA, O. 2009, p.169-283).

Tem-se mais dois tipos de DS apresentados por (MALEK, 2006, p. 17-18): *shear pin devices* e *fusible plug devices*, ambos apresentando raríssima utilização no Brasil, os quais não serão tratados neste trabalho.

Para o cálculo de propriedades físicas e termodinâmicas de substâncias e misturas, a preferência recai nos aplicativos que simulam misturas as mais diversas empregando equações de mistura e ricos bancos de dados físicos e termodinâmicos, sempre atualizados para as propriedades dos componentes dos fluidos manipulados, de modo rápido e fácil, com o devido uso de microcomputadores pessoais.

Para o cálculo de DS, existe uma gama de programas de fabricantes que atendem praticamente a totalidade dos casos a simular. Estes programas geram relatórios na forma de memórias de cálculos, FD, etc.

DIMENSIONAMENTO DE VÁLVULA DE SEGURANÇA

Válvulas de segurança são usadas para proteger sistemas quando da ocorrência de sobrepressão. São calibradas em laboratório metrológico para iniciar a abertura quando a pressão de operação do sistema atingir o valor da PMTA. Na falta do valor da PMTA, recomenda-se o uso da pressão de projeto do sistema (P_{PROJ}).

Chama-se pressão de *set* (P_{SET}) ou pressão de início de abertura da válvula de segurança o valor em que a válvula começa a abrir. Quando a válvula de segurança encontra-se plenamente aberta, diz-se que a pressão do sistema atingiu a pressão de alívio no bocal de entrada da dita válvula (P_1).

São tipos de válvulas de segurança:

- a) convencional: aplicada para situações em que a contrapressão é constante ou é variável em valor menor ou igual a 10 % da pressão de alívio;
- b) balanceada: para situações em que a contrapressão é variável e em valor maior que 10 % da pressão de alívio;
- c) piloto-operada: recomendável quando tanto a pressão quanto a capacidade são grandes, tendo-se ainda o valor da pressão de *set* próximo do valor da pressão de operação;
- d) válvulas múltiplas: em situações especiais tão só quando se fizerem necessárias por se configurarem as seguintes realidades:
 - for a capacidade requerida para a válvula superior à oferecida para o maior orifício disponível, que é o tipo T (API, 2002, p.2). Vale salientar que a referência pode ser mudada quando da escolha da válvula de segurança junto a determinado fabricante, o qual deve garantir obrigatoriamente a capacidade da válvula e a sua adequação às dimensões do sistema a proteger e às variáveis pressão e temperatura previstas para a faixa de operação;
 - quando a classe de pressão da válvula for incompatível com a pressão de ajuste; e
 - se forem esperadas contingências com vazões muito diferentes.

Devem ser investigadas as ocorrências de fogo externo e de cenários operacionais.

Vaporização de líquido em cenário fogo externo:

$Q = 21000.F.A^{0,82}$ (quando da existência de sistema de combate a incêndio para atender o equipamento) (cf. API RP 521, p.16, eq. (3)) ou

$Q = 34500.F.A^{0,82}$ (se não houver sistema de combate a incêndio atendendo ao equipamento) (cf. API RP 521, p.16, eq. (4)).

Quadro 12 – Valores para F

TIPO DE CONDIÇÃO SUPERFICIAL	FATOR F
Superfície nua ou sem isolante térmico	1,0
Vaso isolado: $k = 4 \text{ BTU/h/ft}^2/^\circ\text{F}$	0,3
Vaso isolado: $k = 2 \text{ BTU/h/ft}^2/^\circ\text{F}$	0,15
Vaso isolado: $k = 1 \text{ BTU/h/ft}^2/^\circ\text{F}$	0,075
Vaso isolado: $k = 0,5 \text{ BTU/h/ft}^2/^\circ\text{F}$	0,0376
Vaso isolado: $k = 0,33 \text{ BTU/h/ft}^2/^\circ\text{F}$	0,026
Aplicação de água em vaso sem isolamento	1,0
Sistema de despressurização	1,0

Fonte: API RP 521, p. 17.

São unidades físicas para Q (entrada de calor pela superfície molhada), F (fator ambiental) e A (superfície molhada total do equipamento): $[Q] = \text{BTU/H}$; $[F] = 1$; $[A] = \text{ft}^2$.

O Quadro 12 deve ser empregado. Nele estão expostos os valores utilizados para F.

Quando da existência de isolamento térmico externo ao equipamento, calcula-se F pela equação a seguir:

$$F = k \cdot (1660 - T_1) / (21000 \cdot t), \text{ onde:}$$

k = condutividade térmica do isolante, $[k] = [\text{k}] = \text{BTU} \cdot \text{in} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ft}^{-2} \cdot ^\circ\text{F}^{-1}$;

T_1 = temperatura do fluido contido no equipamento na condição de alívio, $[T_1] = ^\circ\text{F}$; e

t = espessura do isolamento térmico (cf. API RP 521, p.20, eq. (9)), $[t] = \text{in}$.

Sabendo-se o valor da entrada de calor pela superfície molhada do equipamento (Q), o calor latente de vaporização do fluido vaporizado (L), determina-se a taxa de massa vaporizada (W) pela equação seguinte:

$$W = Q/L, \text{ onde as unidades são: } [W] = \text{lb/h}; [L] = \text{BTU/lb.}$$

Para obter-se a área requerida (A) para a *pressure safety valve* ou válvula de segurança contra sobrepressão (PSV) ou simplesmente *safety valve* ou válvula de segurança (SV), deve ser conhecido o tipo de escoamento. É chamado crítico se a velocidade de escoamento na saída da válvula é sônica, que corresponde ao maior valor possível para escoamento através de um bocal. O cálculo da pressão (P_{cf}) correspondente ao fluxo crítico na saída da válvula é estimado pela equação a seguir:

$$P_{cf} = P_1 \cdot [2/(k + 1)]^{k/(k-1)} \text{ (cf. API RP 520, Part I, p.41, eq. (3.1)), onde:}$$

k = razão de calores específicos para qualquer gás ideal = C_p/C_v ;

P_1 = pressão absoluta à montante, [P_1] = psia; e

P_{cf} = pressão de fluxo crítico, [P_{cf}] = psia.

O escoamento na válvula de segurança é subcrítico se $P_2 < P_{cf}$.

No dimensionamento de uma válvula de segurança para gás ou vapor compressível, deve-se primeiro verificar o tipo de escoamento e, em seguida, escolhe-se e aplica-se a equação de cálculo da área requerida pelo orifício da PSV ou SV.

Se o fluxo for crítico, então tendo sido verificado que $P_2 = P_{cf}$, deve-se cumprir o seguinte procedimento de cálculo:

$$A = W \cdot (T \cdot Z / M)^{0.5} / (C \cdot K_d \cdot P_1 \cdot K_b \cdot K_c) \text{ (cf. API RP 520, Part I, p.42, eq. (3.2)),}$$

onde:

$$C = 520 \cdot \{k \cdot [2/(k + 1)]^{(k + 1)/(k - 1)}\}^{0.5} \text{ (cf. API RP 520, Part I, p.44, nota 1 na}$$

figura 32), sendo [C] = $(\text{lbm} \cdot \text{lbmol} \cdot \text{R})^{1/2} \cdot (\text{lb} \cdot \text{h})^{-1}$, onde:

A = área de descarga efetiva requerida da válvula;

K_d = coeficiente de descarga ($K_d = 0,975$ para válvula de segurança; $K_d = 0,62$ para RD);

P_1 = pressão absoluta à montante, psia ($P_1 = 1,10 \cdot \text{PMTA}$ para vasos projetados de acordo com o código ASME, Divisão 1, Seção VIII);

K_b = fator de correção da contrapressão ($K_b = 1$ para fluxo crítico em válvulas convencional e piloto-operada);

K_c = fator de correção de combinação ($K_c = 0,9$, se o RD for usado à montante da válvula de segurança; $K_c = 1,0$, se o RD não for empregado à montante da válvula de segurança);

T = temperatura de alívio, $[T] = R = ^\circ\text{F} + 460$;

Z = fator de compressibilidade para o afastamento do gás real de um gás perfeito ou ideal na condição de alívio para o fluido na entrada da válvula; e

M = peso molecular do gás ou vapor nas condições de alívio na entrada da válvula, lb/lbmol.

Para fluxo subcrítico, tendo sido verificado que $P_2 < P_{cf}$:

$A = W \cdot \{ [T \cdot Z / [M \cdot P_1 \cdot (P_1 - P_2)]]^{0,5} / (735 \cdot F_2 \cdot K_d \cdot K_c) \}$ (cf. API RP 520, Part I, p.45, eq. (3.5)), onde:

$F_2 = \{ k / (k - 1) \cdot r^{2/k} \cdot [1 - r^{(k-1)/k}] / (1 - r) \}^{0,5}$, onde:

$k = P_2 / P_1$; e

P_2 = contrapressão na descarga da válvula de alívio, $[P_2] = \text{psia}$.

Se há expansão em vasos contendo fluidos supercríticos, vapor (não água) ou gás em cenário fogo externo:

$A = F' \cdot A' \cdot P_1^{-0,5}$ (cf. API RP 521, p.16, eq. (5)), onde:

$F' = (0,1406 / C \cdot K_d) \cdot [T_w - T_1]^{1,25} / T_1^{0,6506}$ (cf. API RP 521, p.17, eq. (6));

$F' = 0,01$ (mínimo recomendado quando calculado);

$F' = 0,045$ (adotado quando não conhecido, sem dados para cálculo);

Para valores de F' , consultar a Tabela 5 (cf. API RP 521, p.17);

T_1 = temperatura absoluta do gás, $[T_1] = R$;

P_n = pressão normal de operação do gás, $[P_n] = \text{psia}$;

T_n = temperatura normal de operação do gás, $[T_n] = R$;

$T_w = 1100$ °F;

T_w = temperatura de parede do vaso, $[T_w] = R$;

$T_1 = (P_1/P_n) \cdot T_n$;

K_d = coeficiente de descarga (obtido do fabricante da válvula);

$K_d = 0,975$ para válvulas de alívio;

$C = 520 \cdot \{k \cdot [2/(k + 1)]^{(k + 1)/(k - 1)}\}^{0,5}$ (cf. API RP 521, p.17, eq. (7a)), onde:

$k = C_p/C_v$ (cf. API RP 520, Part I, p.45).

Se há vapor d'água em condições de fluxo crítico, então:

$A = W/(51,5 \cdot P_1 \cdot K_d \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_N \cdot K_{SH})$ (cf. API RP 520, Part I, p.50, eq. (3.8)),

onde:

K_N = fator de correção da equação de Napier, sendo:

$K_N = 1$, se $P_1 \leq 1500$ psia ou

$K_N = (0,1906 \cdot P_1 - 1000)/(0,2292 \cdot P_1 - 1061)$, com $[P_1] =$ psia, com
 $1500 \text{ psia} < P_1 \leq 3200 \text{ psia}$;

K_{SH} = fator de correção do vapor superaquecido, sendo:

$K_{SH} = 1,0$ para qualquer vapor saturado ou K_{SH} deve ser obtido para P_1 em
 psig e T_1 em °F em tabela (cf. API RP 520, Part I, p.51, Tabela 9); e

W , K_b , K_c e K_d , conforme descritos antes.

Para o dimensionamento de alívio térmico:

– se há aquecimento solar, tem-se:

$Q = B \cdot H / (500 \cdot G \cdot C_p)$ (cf. API RP 521, p.14, eq. (1));

$A = Q \cdot [G / (P_1 - P_2)]^{0,5} / (38 \cdot K_d \cdot K_w \cdot K_c \cdot K_v)$ (cf. API RP 520, Part I, p.52, eq.
 (3.9)).

– se há bloqueio indevido em trocador de calor (bloqueio do fluxo do fluido
 frio sem haver o bloqueio do fluido quente):

H = carga térmica máxima do trocador (se não disponível, este valor deve ser calculado):

$$DMLT = [(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)] / \ln[(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)], \text{ onde:}$$

o índice '1' é relativo à entrada do equipamento;

o índice '2' é relativo à saída do equipamento;

T = temperatura da corrente quente, [T] = R;

t = temperatura da corrente fria, [t] = R;

DMLT = diferença média logarítmica de temperatura, [DMLT] = R;

H = U.A.DTML, com:

U = coeficiente global de transferência de calor máximo entre o fluido quente e o fluido frio, [U] = $\text{BTU} \cdot \text{lbm}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$;

$Q = B.H/(500.G.C)$ (cf. API RP 521, p.14, eq. (1)), onde:

Q = vazão na temperatura de escoamento, [Q] = gpm;

B = coeficiente de expansão volumétrica por °F para o líquido na temperatura esperada, [B] = $^{\circ}\text{F}^{-1}$;

H = calor total transferido ao líquido aprisionado no equipamento (em trocadores de calor deve ser usado a máxima carga térmica durante a operação), [H] = BTU/h;

G = densidade do líquido com referência à massa específica da água @ 60 °F;

C = calor específico do líquido aprisionado, [C] = $\text{BTU} \cdot \text{lb}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{F}^{-1}$; e

A = área efetiva de descarga requerida pela válvula de alívio, [A] = in^2 .

– para o caso de falha operacional:

A vazão é ditada pela análise do processo foco, escolhendo-se a sua vazão máxima e empregando-se a fórmula adequada à condição específica do fluido.

VÁLVULA DE SEGURANÇA PARA FLUIDO BIFÁSICO

Pelo API RP 520, Part I, são considerados quatro cenários possíveis, onde as correntes do fluido na entrada e na saída da PSV ou SV podem apresentar líquido subresfriado (LSUB), líquido saturado (LSAT), vapor saturado (VSAT), não condensável(is) (NCOND):

– Fluxo bifásico – quando de qualquer um dos casos mostrados no Quadro 13, na página seguinte.

Programas comerciais já contemplam essa situação, apesar dos cuidados especiais que devem ser tomados no dimensionamento de DS, onde a metodologia API é normalmente empregada. Igualmente, planilha eletrônica pode ser utilizada para realizar o cálculo de DS para fluidos bifásicos, apesar da preocupação demonstrada por alguns projetistas quanto à existência de critérios rigorosos.

Cinco passos compõem o cálculo de dimensionamento:

a) calcular a quantidade de líquido que vaporiza em *flash* adiabático considerando para pressão final o maior entre os valores da pressão crítica para o gás vaporizado e da contrapressão do sistema;

b) verificar o tipo de fluxo (se crítico ou subcrítico) e escolher a equação para cálculo do orifício para passar a porção vaporizada do fluido conforme o tipo de válvula, tipo de fluido e condições específicas do fluido;

c) calcular a área requerida para a porção líquida não vaporizada com a equação adequada para líquido;

d) somar as áreas individuais calculadas para as fases líquida e gasosa obtendo a área total do orifício da válvula de segurança; e,

e) selecionar a área de acordo com API S 526, sendo a área escolhida igual ou imediatamente superior ao valor calculado para a área requerida. Para o caso da área requerida superar o valor $26,00 \text{ in}^2$ referente ao tipo T (API, 2002, p.2), estudar a possibilidade de usar duas PSV ou SV em paralelo, com o mesmo *set-point*.

A metodologia oriunda do API apresentada aqui não parece encerrar a suposta simplicidade com que é mostrada enquanto prática recomendada (ou RP ou *Recommended Practice*). Isso fica muito claro quando se aprecia o artigo *Select the best model for two-phase relief sizing*, cujo subtítulo parece discordar tacitamente da

metodologia API, ou seja: “A variety of methods exist for sizing valves, but not all give the best predictions for certain conditions.” (DARBY; MEILLER; STOCKTON, 2001, p. 56).

Quadro 13 – Fases do fluido na entrada e na saída de válvula de segurança

BOCAL DE ENTRADA				BOCAL DE SAÍDA			
LSUB	LSAT	VSAT	NCOND	LSUB	LSAT	VSAT	NCOND
	C ₁	C ₁				C ₁	
C ₂			C ₂	C ₂			C ₂
C ₃		C ₃	C ₃	C ₃		C ₃	C ₃
	C ₄	C ₄	C ₄			C ₄	C ₄

Fonte: API RP 521.

Legenda: C_i – caso “i”, i = 1, 2, 3, 4.

Para situações em que o fluido encontrar-se em estado bifásico ou muito próximo dessa condição, uma maior atenção para com as propriedades físicas e termodinâmicas deve ser dispensada, devendo-se buscar na literatura específica informações complementares. Isso é a praxe no dia a dia do engenheiro quando, por prudência, desejar proteger-se de possíveis surpresas indesejáveis. Antes de tudo, deve-se sempre procurar saber o real estado físico e termodinâmico do fluido entrando e saindo do bocal da válvula, o que implica em conhecerem-se os valores de temperatura e pressão com precisão e, dessa forma, calcularem-se as propriedades do fluido com o uso de modelos precisos e capazes de predizerem corretamente as propriedades termodinâmicas e de transporte para o fluido.

Se a metodologia da API leva os engenheiros a projetarem válvulas de segurança com sobredimensionamento ou não é algo a ser destrinchado ainda por quem se aventurar nesse tipo de investigação.

Entende-se que a investigação acima por ainda ser feita se afasta do objetivo deste trabalho. Entretanto, pela simplicidade que a API dedica ao dimensionamento de válvula de segurança – onde o fluido apresenta-se em duas

fases – sugere pensar-se que o cálculo deva sempre levar a válvulas superdimensionadas.

Em sendo a especulação ou conjectura anterior verdadeira, as válvulas devem certamente implicar em maior custo no investimento correspondente à sua aquisição e correspondente instalação, todavia haverão de oferecer a segurança requerida pelos equipamentos contra sobrepensões operacionais. Precisa-se, sem sombra de dúvida alguma, investigar amiúde o que ora está apenas especulado aqui.

VÁLVULAS DE SEGURANÇA PARA FLUIDOS SUPERCRÍTICOS

Ouderkirk (2002) mostra que métodos já publicados podem levar ao dimensionamento indevido de válvulas de segurança quando o fluido aliviado caracterizar-se como supercrítico.

Fica o registro de que é preciso ter-se o cuidado de se verificarem as propriedades do fluido no momento em que acontece o alívio do mesmo.

A supracitada metodologia está desenvolvida e pode ser tomada como excelente guia para quem se deparar com caso semelhante no dimensionamento de válvula de segurança.

Não perfaz o escopo deste trabalho investigar e decidir qual o melhor caminho a seguir no dimensionamento de válvula de segurança quando o fluido for supercrítico. Todavia, é bom frisar-se, há a sugestão do artigo supracitado de sempre usar-se a última revisão das recomendações da API RP 520, Part I.

DIMENSIONAMENTO DE DISCO DE RUPTURA

RD deve ser empregado para as seguintes três possibilidades operacionais isoladas ou concomitantes:

– quando o fluido apresentar características capazes de entupir a linha de admissão, situação em que válvula de alívio ou de segurança é empregada para a mesma função, e sempre que o fluido puder causar corrosão na válvula;

– em situações operacionais em que a subida da pressão no equipamento é mais veloz que a abertura duma válvula de alívio ou de segurança; ou

– quando o fluido for corrosivo e/ou tóxico e houver a probabilidade de ocorrer perda de estanqueidade da válvula possibilitando o escape do fluido para o meio ambiente, conformando um evento danoso e perigoso ao meio ambiente, ao ser humano e ao patrimônio.

Devem ser empregados RD e válvula de segurança sempre que o fluido for simultaneamente corrosivo e tóxico.

Dois são os métodos empregados para o dimensionamento de RD (API, 2000, p. 55-56):

a) Método do coeficiente de descarga:

Utilizam-se as mesmas equações empregadas para o dimensionamento de válvulas de alívio ou de segurança, aplicando-se o valor corresponde à variável K_d .

$K_d = 0,62$ refere-se a duas configurações, quais sejam:

– para descarregamento para atmosfera e se estiver instalado a uma distância igual ou menor a oito vezes o diâmetro da tubulação e a tubulação de descarga for menor ou igual a cinco vezes o seu diâmetro; e

– quando os diâmetros nominais – da entrada e da descarga – forem menores que o diâmetro nominal do RD.

b) Método de resistência de fluxo:

Considerar a capacidade de alívio calculada e multiplicá-la pelo fator 0,9 ou menor que este para reduzir a influência das incertezas inerentes a esse método.

A ênfase dada aos DS nesse apêndice e ao longo do texto da própria dissertação se justifica pela significativa importância desses dispositivos de segurança que demandam altas parcelas de tempo e de homens-horas ao longo do desenvolvimento de um projeto NR 13, isso ocorrendo justamente na elaboração dos cenários operacionais que acarretam descontroles de pressão e no dimensionamento e seleção de DS, podendo isso demandar até 80 % do tempo de elaboração do projeto NR 13, após excluídas as horas dedicadas à retificação e/ou elaboração de documentos e desenhos do ativo enquadrado nessa norma.

Variáveis e constantes tratadas no presente apêndice foram trazidas dos documentos API sem alteração de suas representações e, por isso, não constam da lista de variáveis desta dissertação, a qual se encontra às páginas 17, 18 e 19.

APÊNDICE E – Dedução do Modelo Matemático do Tempo Total das Fases Conceitual e Básica

Como o modelo deduzido tem muitas variáveis independentes, procedeu-se a realização de análise de sensibilidade para o tempo total de projeto, o que revelou que o tempo de projeto é mais fortemente aumentado em função da má qualidade da documentação a exigir muitas retificações e até a própria elaboração quando essa inexistir, demandando muito tempo para serem feitas; e, também, que aumenta com a redução do número de engenheiros sêniores na equipe. Dessa forma, vê-se que são apenas fatos do cotidiano dos escritórios de projeto o que está depreendido da interpretação da análise de sensibilidade comentada aqui.

Se os engenheiros de processo forem experientes e comportarem-se bem focados na tarefa de levantamento de dados dos equipamentos, é perfeitamente plausível esperar-se o valor p para a produtividade média horária por engenheiro sênior no projeto ao dar-se a alimentação à base de todos os dados e informações para todos os equipamentos mecânicos estáticos da unidade industrial:

$$\Rightarrow p = 2 \text{ equipamentos mecânicos estáticos/h/engenheiro} \quad (10)$$

Por comodidade, entendam-se eme significando equipamento mecânico estático e eng como engenheiro daqui para frente. Sendo assim, $[p] = \text{eme/h/eng}$.

Chamando o valor T_0 de tempo para o levantamento e o ajuste da documentação a ser utilizada no projeto da unidade industrial, o mesmo aproxima-se de quatro meses para plantas com mais de três décadas de existência, conforme observado para empresas petroquímicas no Complexo de Camaçari:

$$\Rightarrow T_0 = 4, [T_0] = \text{mês} \quad (11)$$

Partindo-se do número de equipamentos mecânicos estáticos da planta e representando-o pelo inteiro positivo n_0 , onde uma porcentagem i está não conforme à NR 13, o total de horas T_1 relativo ao tempo para ter-se a base pronta de dados e informações do projeto para ser utilizada depende

inversamente do inteiro positivo n_1 , este valor representando o número de engenheiros de processo na equipe de trabalho corretamente estruturada:

$$\Rightarrow T_1 = \frac{i.n_0}{n_1} \text{ ou} \quad (12)$$

$$\Leftrightarrow T_1 = \frac{i.n_0}{p.n_1} \quad (13)$$

Na expressão acima, as unidades de medida são como mostradas a seguir: $[T_1] = h$, $[n_0] = \text{eme}$, $[n_1] = \text{eng}$, $[i] = \text{eme/eme}$ e $[p] = \text{eme/h/eng}$.

Considerando-se t_2 para o tempo de trabalho diário estipulado em contrato de trabalho por engenheiro de processo, tem-se o valor de praxe a seguir para as empresas localizadas no Complexo Industrial de Camaçari:

$$t_2 = 8,5 \text{ h/d/eng} \quad (14)$$

Sendo μ o rendimento médio esperado no trabalho por engenheiro de processo, sabe-se ser usual o emprego do valor conservativo 80 %, que é empregado para equipes de manutenção (VIANA, 2002, p. 150), acreditando-se que equipes de processo, se bem focadas no projeto, podem ter melhor rendimento no trabalho:

$$\Rightarrow \mu = 80 \% \quad (15)$$

De t_2 e μ em (14) e (15), calcula-se t_3 por (16) para o tempo efetivo de trabalho diário por engenheiro – em serviços de engenharia:

$$\Rightarrow t_3 = \mu.t_2 = 80\%.8,5 \text{ h/d/eng} \quad (16)$$

$$\Leftrightarrow t_3 = 6,8 \text{ h/d/eng} \quad (17)$$

Considerando T_4 para ter-se uma base de dados e informações pronta para uso pelo projeto, tem-se o modelo:

$$\Rightarrow T_4 = \frac{T_1}{n_1} \quad (18)$$

$$\Leftrightarrow T_4 = \frac{i.n_0}{\mu.p.t_2.n_1^2}, [T_4] = d \quad (19)$$

É importante frisar-se que para possível ocorrência ou surgimento de novos números de identificação de equipamentos mecânicos estáticos, os mesmos devem ser adequadamente incluídos no escopo do projeto pelo gerente, conforme o critério acordado entre a contratada e a contratante previamente (de preferência, quando ainda da fase de levantamento e ajuste da documentação).

Uma vez procedido o levantamento de dados técnicos de cada equipamento, devem ser feitas as MC dos DS e as correspondentes FD dos equipamentos estáticos. Quando o caso requerer apenas FD de PI, tem-se reduzido o tempo empregado nesse tipo de item.

Utilizando-se o valor t_5 para o tempo médio para a elaboração de uma MC e correspondente FD por engenheiro de processo sênior (incluindo-se aí a definição do cenário, o dimensionamento do DS e a geração da MC da FD correspondente), esse tempo variando em função da complexidade do sistema, situando-se na faixa de duração de 2 a 14 h, podendo-se considerar 8,0 h/doc/eng como valor prático e usual (20), entendendo-se doc como a abreviatura de documento:

$$\Rightarrow t_5 = 8,0 \text{ h/doc/eng} \quad (20)$$

Na expressão acima, doc significa MC e correspondente FD.

Definindo T_6 como as horas relativas ao tempo para a geração dos documentos MC e FD do projeto, chega-se a expressão (21) seguinte:

$$\Rightarrow T_6 = \frac{t_5 \cdot n_2}{n_1}, [T_6] = h, [n_2] = \text{eme} \quad (21)$$

Na expressão de T_6 , dada por (21), deve-se ter em mente que n_2 é inteiro positivo.

O valor n_2 corresponde ao número de equipamentos mecânicos estáticos ou eme que não atendem às exigências da NR 13, ainda a serem devidamente categorizados.

20 % é o valor primeiramente estimado para o índice i no cálculo do número de equipamentos mecânicos estáticos identificados como categorizáveis pela NR 13 relativamente ao total de equipamentos mecânicos estáticos da planta ou ao valor n_0 . Em projetos similares, mostrou-se usual, prático e certo – para plantas instaladas e que hoje têm idades superiores a três décadas – assumir-se 20 % como o percentual historicamente confirmado no âmbito da indústria petroquímica relacionado à parcela daqueles equipamentos sem os requeridos DS, placas de identificação, PI, etc., os quais têm existências obrigatórias, pois assim determina a NR 13. Contudo, o valor 20 % não tem fundamento estatístico algum e parece advir de mero acaso, porque: as plantas em que foram verificados valores de i próximo a 20 % eram unidades com idades diferentes, com capacidades diferentes em processo igualmente diferentes. Empregavam tecnologias diferentes, também. Não se pode generalizar uma mera coincidência e acreditar ter encontrado uma lei natural, que não requer verificação alguma. Nessa linha de pensamento, deve-se escolher uma amostra de equipamentos estatisticamente significativa e que de fato represente o universo de equipamentos mecânicos estáticos da planta para, em seguida, determinar-se o valor do índice i , que deve ser aplicado sobre o número total de equipamentos da planta, determinando-se então o número de equipamentos apresentando não conformidades em relação à NR 13, o que está posto em (22):

$$\Rightarrow n_2 = i \cdot n_0 \quad (22)$$

Admitindo-se que ao total de equipamentos n_2 estejam q sistemas enquadráveis pela NR 13, uma vez que cada equipamento tem no mínimo um sistema submetido a pressão diferencial sobre suas paredes, então pode-se afirmar que $n_2 \leq q$, podendo-se relacionar q e n_2 através de uma expressão linear que se escreve da forma seguinte:

$$\Rightarrow q = k.n_2, [k] = \text{sistema/eme}, [q] = \text{sistema} \quad (23)$$

Deve-se notar na expressão de q que k pode ser um número real maior ou igual a 0: (1) $k = 0$, se para n_2 equipamentos identificados como não conformes à NR 13 integram sistemas que os absorvem e nada há mais que se fazer porque a NR 13 já estar atendida nesse caso; (2) $0 < k < 1$, se o número de sistemas for menor que o número de equipamentos que mesmos integram no cumprimento da NR 13; (3) $k = 1$, se o número de sistemas enquadrados na NR 13 coincide com o número de equipamentos considerados não conformes à NR 13; e (4) $k > 1$ se se verificam mais sistemas que o número de equipamentos apresentando não conformidades à NR 13. Entenda-se como consideração importante a ser observada quanto à vacância de DS a ser atendida no projeto NR 13 o cuidado para que a pressão de abertura do mesmo não tenha *set-point* acima da menor das PMTA dos equipamentos que compõem o sistema em foco (cf. alínea a do subitem 13.6.2 da NR 13).

Usando-se o valor de n_2 dado por (22) na fórmula que calcula o valor q , em (23), tem-se a equação (24):

$$\Leftrightarrow q = k.i.n_0 \quad (24)$$

Trocando-se o valor n_2 por q na expressão (21) de (23), tem-se que T_6 corrigido para o total de sistemas, chegando-se à equação (25):

$$\Rightarrow T_6 = \frac{q \cdot t_5}{n_1}, [T_6] = h, [n_2] = \text{eme} \quad (25)$$

Levando-se o valor q em (24) na expressão (25), obtém-se (26):

$$\Rightarrow T_6 = \frac{k \cdot i \cdot t_5 \cdot n_0}{n_1}, [T_6] = h, \quad (26)$$

Transformando-se a unidade de T_6 de h para d através de t_3 dado pela expressão (17), então a equação (26) passa a ser equivalente à expressão (27):

$$\Leftrightarrow T_6 = \frac{k \cdot i \cdot t_5 \cdot n_0}{t_3 \cdot n_1}, [T_6] = d \quad (27)$$

Observam-se que as expressão para T_4 está medida em d (cf. eq. (19)) e T_6 em h (cf. eq. (26)) e d (cf. eq. (27)), enquanto o valor T_0 está expresso em mês.

Tem-se que as demais atividades de projeto (por exemplo, o descritivo padronizado do projeto conceitual) devem acontecer em paralelo às duas descritas anteriormente e a soma dos tempos demandados corresponde ao valor T_7 dado pela expressão (28), que corresponde à soma dos valores T_0 , T_4 e T_6 , respectivamente dados pelas igualdades (11), (19) e (27):

$$\Rightarrow T_7 = T_0 + T_4 + T_6 \quad (28)$$

Como as unidades de medida, na fórmula anterior, estão heterogêneas, devem ser consideradas as seguintes unidades para T_0 , T_4 e T_6 : $[T_0] = \text{mês}$ e $[T_4] = [T_6] = d$, convertendo-se as unidades de T_4 e T_6 pela divisão da soma $T_4 + T_6$ pelo índice t_8 , o qual corresponde ao número médio de dias úteis por ano, este ainda podendo ser ou não bissexto:

$$\Rightarrow t_8 = 20,833 \text{ d/mês para ano não bissexto (fevereiro com 28 d) ou} \quad (29)$$

$$\Leftrightarrow t_8 = 20,750 \text{ d/mês para ano bissexto (fevereiro com 27 d)} \quad (30)$$

Como o cálculo abordado tem o objetivo de conseguir tão só uma estimativa de tempo para a realização de um projeto de adequação de uma unidade industrial à NR 13, recomenda-se o emprego de uma aproximação para os valores possíveis dados pelas igualdades (29) e (30) para t_8 dado pela igualdade (31). Por certo, isso não deve comprometer a qualidade do modelo que aqui se demonstra. Tome-se o valor 20,8 d/mês ou melhor:

$$\Rightarrow t_8 = 20,8 \text{ d/mês} \quad (31)$$

Em se procedendo dessa forma, o tempo para a elaboração do projeto tem a seguinte expressão (32):

$$\Rightarrow T_7 = T_0 + \frac{T_4 + T_6}{t_8}, [T_7] = \text{mês} \quad (32)$$

Levando-se os valores T_4 e T_6 dados pelas equações (19) e (27) na equação (32), chega-se à equação (33):

$$\Leftrightarrow T_7 = T_0 + \left(\frac{i.n_0}{t_8.n_1} \right) \cdot \left(\frac{1}{\mu.p.t_2.n_1} + \frac{k.t_5}{t_3} \right), [T_7] = \text{mês} \quad (33)$$

O Apêndice F apresenta uma aplicação do modelo demonstrando antes – equação (33) – ao caso prático de projeto NR 13 realizado sobre uma indústria petroquímica de segunda geração instalada no Complexo Industrial de Camaçari, fábrica essa com mais de três décadas de vida operacional, tendo a aplicação do modelo para um conjunto parcial de 500 dos equipamentos mecânicos estáticos em operação revelado bom resultado alcançado para o tempo calculado frente ao valor real experimentado: 6,9 contra 7,0 meses.

APÊNDICE F – Estimativa do Tempo de Projeto para Adequar uma Planta de Processo à NR 13: Fases Conceitual e Básica

1. LEVANTAMENTO E AJUSTE DA DOCUMENTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DA UNIDADE			
VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
T_0 =	tempo para levantamento e ajuste da documentação =	4,0	mês
2. ALIMENTAÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÕES SOBRE OS EQUIPAMENTOS MECÂNICOS ESTÁTICOS À BASE DE DADOS DO PROJETO			
VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
n_0 =	número de equipamentos mecânicos estáticos =	500	eme
p =	produtividade média no projeto =	2	eme/h/eng
n_1 =	número de engenheiros de processo na equipe de trabalho =	2	eng
i =	índice médio de equipamentos estáticos desprotegidos à luz da NR 13 =	20,0	%
m =	rendimento no trabalho de engenheiro de processo =	80,0	%
t_2 =	carga horária padrão de trabalho por engenheiro de processo =	8,5	hd/eng
t_3 =	tempo efetivo de produção de serviço de engenharia = $\mu \cdot t_2$ =	6,8	hd/eng
T_4 =	tempo para ter-se completamente preenchida a base de dados e informações do projeto = $n_0 \cdot i / (p \cdot \mu \cdot n_1 \cdot t_2)$ =	1,8	d
3. ELABORAÇÃO DAS MCs E FDs DOS EQUIPAMENTOS MECÂNICOS ESTÁTICOS EM NÃO CONFORMIDADE À NR 13			
VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
t_5 =	tempo para elaboração de uma MC e correspondente FD =	8,0	h/doc/eng
k =	relação entre o número de sistemas a enquadráveis e o número de equipamentos enquadráveis pela NR 13 =	1,0	sistema/eme
T_6 =	tempo total para a geração das MCs e FDs do projeto = $k \cdot i \cdot (t_5/t_3) \cdot (n_0/n_1)$ =	58,8	d
4. PROJETO COMPLETO			
VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	VALOR	UNIDADE
T_7 =	tempo total de projeto = $T_0 + T_4 + T_6 = T_0 + [n_0 \cdot i / (t_3 \cdot n_1)] \cdot [1 / (p \cdot \mu \cdot t_2 \cdot n_1)] + k \cdot i \cdot t_5 \cdot t_3$ =	6,9	mês
t_8 =	número médio de dias úteis (de 2ª a 6ª feira) por mês =	20,8	d/mês

Fonte: Apêndice E.

APÊNDICE H – Responsabilidades e Competências Mínimas da Equipe de Projeto NR 13

GERENTE DA CONTRATADA

RESPONSABILIDADES

Garantir as condições de trabalho para que o serviço seja corretamente feito no tempo programado e conforme orçamento estabelecido para tal.

COMPETÊNCIAS

Agilidade ao comunicar-se com os membros da equipe e com os prepostos da fábrica quando da necessidade levantar dados e informações para o projeto; ser capaz de propor alternativas de qualidade para a solução de problemas novos que surjam no curso do projeto; ter habilidade no uso das ferramentas de informática empregadas e suficiente conhecimento para corrigir e/ou melhorar os programas utilizados, atuando como consultor do grupo no que tange à base de dados do projeto NR 13. Ter treinamento em segurança, meio ambiente e saúde (SMS) e saber como portar-se no pátio industrial.

PROJETISTA DA CONTRATADA

RESPONSABILIDADES

Garantir fidedignidade de assegurar equipamentos e sistemas atualizados; conceber e atualizar desenhos de equipamentos, com detalhes de acessórios e instrumentos; idem para P&ID e isométricos.

COMPETÊNCIAS

Ser capaz de atualizar os desenhos de conjunto dos equipamentos e os P&ID; ser capaz de realizar atualizações de desenhos e documentos técnicos, com suficiente conhecimento da planta para poder interagir com os operadores e técnicos de manutenção. Ter treinamento em SMS e saber como portar-se no pátio industrial.

DESENHISTA “CADISTA” DA CONTRATADA

RESPONSABILIDADES

Realizar atividades de desenho, com qualidade, para atualizar ou gerar desenhos.

COMPETÊNCIAS

Ter habilidade em programas computacionais de desenho – CAD e similares – para gerar ou atualizar os desenhos do projeto com rapidez e comprovada qualidade, atendendo toda a demanda desse tipo de serviço dos demais membros da equipe. Ter treinamento em SMS e saber como portar-se no pátio industrial.

INSPECTOR DE EQUIPAMENTOS DA CONTRATADA

RESPONSABILIDADES

Realizar inspeções necessárias ao projeto, gerando sempre relatórios que espelhem a realidade de campo, auxiliando o gerente na classificação dos equipamentos conforme reza a NR 13.

COMPETÊNCIAS

Usar corretamente os aplicativos planilha eletrônica, editor de texto, programa computacional gráfico para desenhos elaborar; ter treinamento em segurança industrial e saber como portar-se no pátio industrial; conhecer as técnicas de inspeção de equipamentos e ter habilidade para realizar inspeções conforme as necessidades impostas pela NR 13; ser capaz de verificar a existência ou não e de inspecionar os equipamentos da unidade; constatar a existência ou não dos entes exigidos pela NR 13 nos equipamentos inspecionados; conceber os prouários dos equipamentos e atualizá-los; conceber, alimentar e controlar todas as pastas dos equipamentos, determinando a sua estratificação por área ou processo ou da forma que melhor adequar-se ao projeto, em perfeito entendimento com o cliente, o qual deve receber as pastas para guarda e uso na fábrica ao final do projeto; definir o formato das placas de informação dos equipamentos, inventariá-las, conceber as faltantes, tudo em sintonia com o cliente; gerar relatórios das não conformidades constatadas; ser capaz de classificar os equipamentos na NR 13 e apoiar a gerência suprindo informações à BASE DE DADOS ou quando solicitado; manter canal de informações com a equipe de inspeção da planta, solicitando apoio quando necessário. Ter treinamento em SMS e saber como portar-se no pátio industrial.

ENGENHEIROS DE PROCESSO DA CONTRATADA

RESPONSABILIDADES

Colaborar com o gerente quando solicitado para apoiar ou para dirimir dúvidas sobre dados e informações de processo para uso no projeto de NR 13, principalmente aquelas que dizem respeito aos fluidos e suas composições e condições termodinâmicas, tudo isso com presteza e eficiência.

COMPETÊNCIAS:

Ter experiência neste tipo de projeto, com dez ou mais anos de vivência em ambiente fabril; dominar todas as ferramentas técnicas e gerenciais usadas no projeto, podendo substituir o gerente quando necessário for. Ter treinamento em SMS e saber como portar-se no pátio industrial.

ENGENHEIRO E/OU OPERADOR INDUSTRIAL DA CONTRATANTE

RESPONSABILIDADES

Fornecer informações sobre a operação da unidade e dos equipamentos quando solicitado pelo pessoal de processo e de inspeção de equipamentos ou pelo gerente, especialmente sobre os ranges das variáveis em condições típicas e em situações anormais de operação.

COMPETÊNCIAS

Ser preferencialmente o engenheiro que acompanha a planta sob a ótica de processo, dominando bem a composição dos fluidos e as condições termodinâmicas em que os vários sistemas cobertos pela NR 13 se apresentam. Ser operador da unidade e dominar perfeitamente a operação da unidade e conhecer os riscos da mesma, devendo estar capacitado a fornecer informações corretas para o projeto; ter uma habilidade equivalente a cinco ou mais anos na operação da planta.

APÊNDICE I – Deficiências Possíveis da Equipe do Projeto NR 13

ITEM	PROBLEMA	ATORES AFETADOS					IMPLICAÇÕES QUE GERAM ERROS, PERDA DE TEMPO E/OU RETRABALHO
		GERENTE	ENGENHEIROS DE PROCESSO	RESP. PROCESSO E OPERAÇÃO	DESENHISTA CADISTA	INSPECTOR DE EQUIPAMENTOS	
1	DEFICIÊNCIA NO USO DO EXCEL	X	X	X	X	X	INCAPACIDADE DE CRÍTICA DE RESULTADOS DO APLICATIVO, DEMORA NO DESENVOLVIMENTO DE TAREFAS, INTERRUPÇÃO DE OUTROS PARA A PRESTAÇÃO FREQUENTE DE AJUDA PARA ELIMINAR DÚVIDAS
2	DEFICIÊNCIA NO USO DO HYSYS	X	X				IMPOSSIBILIDADE DE CÁLCULO DE PROPRIEDADES DE MISTURA E MESMO DE SUBSTÂNCIAS PURAS, FATO QUE FORÇA O USO DE PROCEDIMENTOS MANUAIS, COM POSSIBILIDADE DO COMETIMENTO DE ERROS, ALÉM DE ÓBIVA PERDA DE Celeridade NO CURSO DO PROJETO
3	FALTA DE FERRAMENTAS GERENCIAIS	X	X	X	X	X	GERA DIFICULDADES PARA ENTENDER-SE O DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS; IMPÕE IMPREVISIBILIDADE SOBRE O QUANTO FALTA PARA A CONCLUSÃO
4	FALHA DA AÇÃO GERENCIAL	X	X	X	X	X	POR FALTA DE UM PROCEDIMENTO FORMAL E POR FALTA DE VIVÊNCIA NA ABORDAGEM DO TIPO DE PROJETO, A AÇÃO GERENCIAL DEIXA DE OCORRER, NÃO OCORREM FEEDBACKS AO CURSO DO DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES, FICANDO O GERENTE A CONTABILIZAR APENAS O ATINGIMENTO OU NÃO
5	FALTA DE INTRANET	X	X	X	X	X	CONTROLE DE HH, CRONOGRAMA – PLANEJADO VERSUS REALIZADO, CONTROLE DE SERVIÇOS, CONTROLE DE PRODUÇÃO
6	FALTA DE INTERNET	X	X	X	X	X	FALTA DE COMUNICAÇÃO ENTRE A EQUIPE DE TRABALHO NO SITE DA CONTRATANTE E A PRÓPRIA CONTRATADA, IMPOSSIBILIDADE DE CONSULTA A REDE UNIVERSAL DE COMPUTADORES, ISOLAMENTO DE TODOS DA INTERNET
7	FALTA DE REDE PARA A IMPRESSORA	X	X	X	X	X	IMPRESSORA DEDICADA A UM SÓ COMPUTADOR, AFETANDO DIRETAMENTE O USUÁRIO DO MESMO, CAUSANDO ATRASO NO SERVIÇO DE QUEM PRECISA IMPRIMIR
8	LEVANTAMENTO DE CAMPO INCOMPLETO E/OU EM DOCUMENTOS (FOLHAS DE DADOS E DESENHOS)	X	X				RETRABALHO (PELA FALTA DE DIMENSÕES DE EQUIPAMENTOS QUE IMPEDE O CÁLCULO DA SUPERFÍCIE E DO VOLUME); EXISTÊNCIA OU NÃO DE ISOLANTE TÉRMICO; TIPOS DE TAMPOS/CABEÇOTES; ALTURA EM RELAÇÃO AO SOLO
9	COMPORTAMENTO INAPROPRIADO	X	X	X	X	X	COBRANÇAS IMPROCEDENTES; IMPINGIMENTO DE CULPABILIDADE INDEVIDO; FOCOS; BRINCadeiras EXAGERADAS; PERTURBAÇÃO DO SILÊNCIO AMBIENTAL COM ABORDAGENS DESVIRTUADAS DO FOCO DO PROJETO, ASSIDUIDADE NÃO PLENA, DEMONSTRAÇÃO DE ANTIPATIAS PESSOAIS; FAVORECIMENTO NO ROTEIRO DO TRANSPORTE PARA DETERMINADOS MEMBROS, ETC.
10	ERROS GRAVES	X	X	X	X	X	NÃO ATUALIZAÇÃO DE DESENHOS NO SITE DA CONTRATANTE, COM ENVIO DE DESENHOS PARA ATUALIZAÇÃO NO ESCRITÓRIO DA CONTRATADA, NÃO MANTENDO CÓPIA DO DESENHO MARCADORISCADO NO LOCAL DE TRABALHO
11	NÃO ERGONOMIA	X	X	X	X	X	EMPREGO DE INSTALAÇÕES NÃO ERGONOMÍCAS PELA EQUIPE DE PROJETO DA CONTRATADA, COM REFLEXOS NEGATIVOS SOBRE A PRODUTIVIDADE DA EQUIPE, ACABANDO POR COMPROMETER O CRONOGRAMA DO PROJETO
12	FALTA DE PERFEITO ENTROSAMENTO ENTRE REPRESENTANTES DA CONTRATANTE E DA CONTRATADA	X	X	X	X	X	DEFICIÊNCIA NO PROCESSO DE COMUNICAÇÃO ENTRE OS TÉCNICOS E ENGENHEIROS DA CONTRATANTE E DA CONTRATADA SÃO BARREIRAS CONTRA A FLUIDEZ DA REALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS PLANEJADOS, GERANDO INEFICIÊNCIAS CUSTOSAS PARA O EMPREENHIMENTO EM DECORRÊNCIA DE MUDANÇAS NAS PRIORIDADES QUE ALICERÇAM O PROJETO
13	USO IMPRÓPRIO DE MÃO DE OBRA	X	X	X	X	X	USO DE ENGENHEIRO PARA ELABORAÇÃO E INDEXAÇÃO DE PASTAS DA NR 13, GERAÇÃO E IMPRESSÃO DE PLAQUETAS ETC, QUE SÃO ATIVIDADES TÍPICAS DE ESCRITURÁRIO (NORMALMENTE CONSTITUINDO UMA MÃO DE OBRA MENOS QUALIFICADA E MAIS BARATA)
14	USO DE FERRAMENTAS RUINS – 1	X	X	X	X	X	MANTER UMA PLANILHA CHAMADA BASE DE DADOS MISTURANDO INPUTS, PROCESSAMENTO E OUTPUTS, QUANDO O CORRETO É DISTRIBUIR EM GUIAS DIFERENTES OS INPUTS (2 GUIAS: INPUTS – LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES NO CAMPO; INPUTS – LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES EM DESENVOLVIMENTO)
15	USO DE FERRAMENTAS RUINS – 2	X	X	X	X	X	A FÓRMULA INCORRETA PARA CLASSIFICAR SUBSISTEMA PARA ENQUADRAMENTO NA NR 13 GERANDO ERRO COMPROMETEDOR DO TRABALHO, NÃO CORRIGIDA PRONTAMENTE PELO GERENTE DO PROJETO
15	USO DE FERRAMENTAS RUINS – 3	X	X	X	X	X	INEXISTÊNCIA DE MACRO EM EXCEL NA PLANILHA DE CÁLCULO DO DISPOSITIVO DE SEGURANÇA PARA A GERAÇÃO DA MC NOS MOLDES EM QUE SÃO NORMALMENTE APRESENTADAS EM WORD, COM DOCUMENTAÇÃO VALIDADA PELO ÁREA DE QUALIDADE DA CONTRATADA. A FALTA DE TAL AUTOMATISMO DEMANDA TEMPO PARA A GERAÇÃO OFF-LINE OU MANUALMENTE DAS MGS, PODENDO AINDA SER CAMINHO PARA A INTRODUÇÃO DE ERROS NOS DOCUMENTOS GERADOS NO PROJETO. UM SOFTWARE PARA DIMENSIONAR DSS e GERAR A DOCUMENTAÇÃO PELA CONTRATADA PARA A CONTRATANTE PERFAZ A VAGÂNCIA FERRAMENTAL MAIOR EMPRETEIOS DE ADEQUAÇÃO DE UNIDADES INDUSTRIAIS À NR 13

APÊNDICE J – Matriz de Responsabilidades do Projeto NR 13

ITEM	AÇÃO	CONTRATANTE	CONTRATADA	RESPONSÁVEL
1	FORNECER DESCRITIVO DO PROCESSO	X		DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA
2	FORNECER JOGO DE P&IDs	X		DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA
3	FORNECER DATA SHEETS DE EQUIPAMENTOS	X		DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA
4	FORNECER DATA SHEETS DE PIs	X		DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA
5	CRIAÇÃO DAS PASTAS PARA ABRIGAR OS DOCUMENTOS DO PROJETO (PLAQUETAS, DISP.: SEGURANÇA & PIs)		X	PROJETISTAS
6	CHECK IN LOCO DOS PIs E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA		X	PROJETISTAS
7	LEVANTAMENTO DE PENDÊNCIAS		X	ENGENHEIROS & PROJETISTAS
8	ELABORAÇÃO DE PLAQUETAS NÃO EXISTENTES EM EQUIPAMENTOS ESTÁTICOS		X	PROJETISTAS
9	ELABORAÇÃO DE P&Is NÃO EXISTENTES OU APENAS PARA INCLUIR NOVOS EQUIPAMENTOS		X	ENGENHEIROS & PROJETISTAS
10	ELABORAÇÃO DE DESENHOS DIMENSIONAIS NÃO EXISTENTES DE EQUIPAMENTOS		X	ENGENHEIROS & PROJETISTAS
11	ELABORAÇÃO DE FOLHAS DE DADOS NÃO EXISTENTES DE PIs		X	ENGENHEIROS
12	CRÍTICA (REFUTAÇÃO OU APROVAÇÃO) DOS DESENHOS E DOCUMENTOS GERADOS	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
13	GERAÇÃO DA BASE DE DADOS - PLANILHA EM EXCEL		X	ENGENHEIROS
14	GERAÇÃO DE RELATÓRIOS SOBRE A BASE DE DADOS		X	ENGENHEIROS
15	ELIMINAÇÃO DAS PENDÊNCIAS DA BASE DE DADOS	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
16	RETIFICAÇÃO DA BASE DE DADOS		X	ENGENHEIROS
17	APROVAÇÃO DA BASE DE DADOS	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
18	IDENTIFICAÇÃO DAS VACÂNCIAS DE DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA E DE PIs EM EQUIPAMENTOS ESTÁTICOS		X	ENGENHEIROS
19	CRÍTICA (REFUTAÇÃO OU CONCORDÂNCIA) DAS VACÂNCIAS DE TECTADAS	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
20	FORNECIMENTO DOS TAGS PARA OS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA E PARA OS PIs	X		DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA
21	ATUALIZAÇÃO DA BASE DE DADOS		X	ENGENHEIROS
22	CÁLCULO DOS NOVOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA, COM GERAÇÃO E EMISSÃO DAS MCs		X	ENGENHEIROS
23	CRÍTICA (REFUTAÇÃO OU APROVAÇÃO) DAS MCs	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
24	ELABORAÇÃO DAS FOLHAS DE DADOS DOS NOVOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA E DOS NOVOS PIs		X	ENGENHEIROS
25	CRÍTICA (REFUTAÇÃO OU APROVAÇÃO) DAS FOLHAS DE DADOS	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
25	APROVAÇÃO DAS MCs	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
26	ELABORAÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL		X	ENGENHEIROS
27	CRÍTICA (REFUTAÇÃO OU APROVAÇÃO) DO PROJETO CONCEITUAL	X		ENGENHEIROS DE PROCESSO
28	EMISSÃO FINAL DO PROJETO CONCEITUAL		X	ENGENHEIROS
29	FORNECIMENTO DO BOOK DO PROJETO À DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA DO CLIENTE		X	GERENTE DO PROJETO NR 13
30	ENCERRAMENTO DO PROJETO BÁSICO	X		GERENTE DE PLANTA

APÊNDICE K – Crítica do Subitem 13.6.2, Alíneas a, b e c, da NR 13

Empregaram-se nessa crítica documentos de instituições de alta credibilidade no mundo: (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1994; KLETZ, 1993; ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO, 2002).

O Desenho 1 e o Desenho 2 (ambos com 3 vasos de pressão) ilustram as situações tratadas aqui.

Para o que ora se coloca, sabe-se que procedimentos ou diretrizes já foram até instituídas em grandes empresas. É comum o uso de a plaqueta de advertência com dizeres como no exemplo a seguir:

ATENÇÃO
ESTA VÁLVULA ENQUANTO ABERTA
PROTEGE EQUIPAMENTOS CONTRA
SOBREPRESSÕES
NR 13
Nº

Duas notas acompanham frequentemente o procedimento que institui os termos postos na plaqueta de advertência, quais sejam:

- a – Incluir o mesmo número de identificação da válvula nos fluxogramas P&ID da unidade e telas do sistema de supervisão (SDCD);
- b – No verso da figura deverá estar escrito com letra maiúscula e em VERMELHO:
“ESTE BLOQUEIO NÃO PODE SER FECHADO SEM A APROVAÇÃO CONJUNTA DA GERÊNCIA E DA SUPERVISÃO DA ÁREA.”

Partindo-se da hipótese que o ser humano não comete erro algum, especialmente os operadores de indústrias de refino de petróleo, químicas, petroquímicas e da área exploração e produção de petróleo e gás, o emprego de bloqueio pode nunca implicar em acidente devido a não proteção do equipamento mecânico estático, a cujo DS seja possível impor total perda de sua função quanto à proteção esperada contra sobrepressões operacionais. Isso ocorre sempre que acontecer o fechamento de uma simples válvula de bloqueio instalada quer na linha de admissão ou na tubulação do efluente do DS. Isso equivale a inibir a função de segurança do DS, o que parece configurar um erro crasso, intolerável e inaceitável.

Na referência (API, 1994, p. 9-14) estão previstas possibilidades de bloqueios à montante e à jusante de um DS, inclusive mostrando ilustrações sobre as possibilidades dessas instalações serem procedidas. Tem-se ali a Seção 4 do API RP 520, Parte II – Instalação.

A norma anterior, no entanto, em seu subitem “4.1 – Geral”, informa:

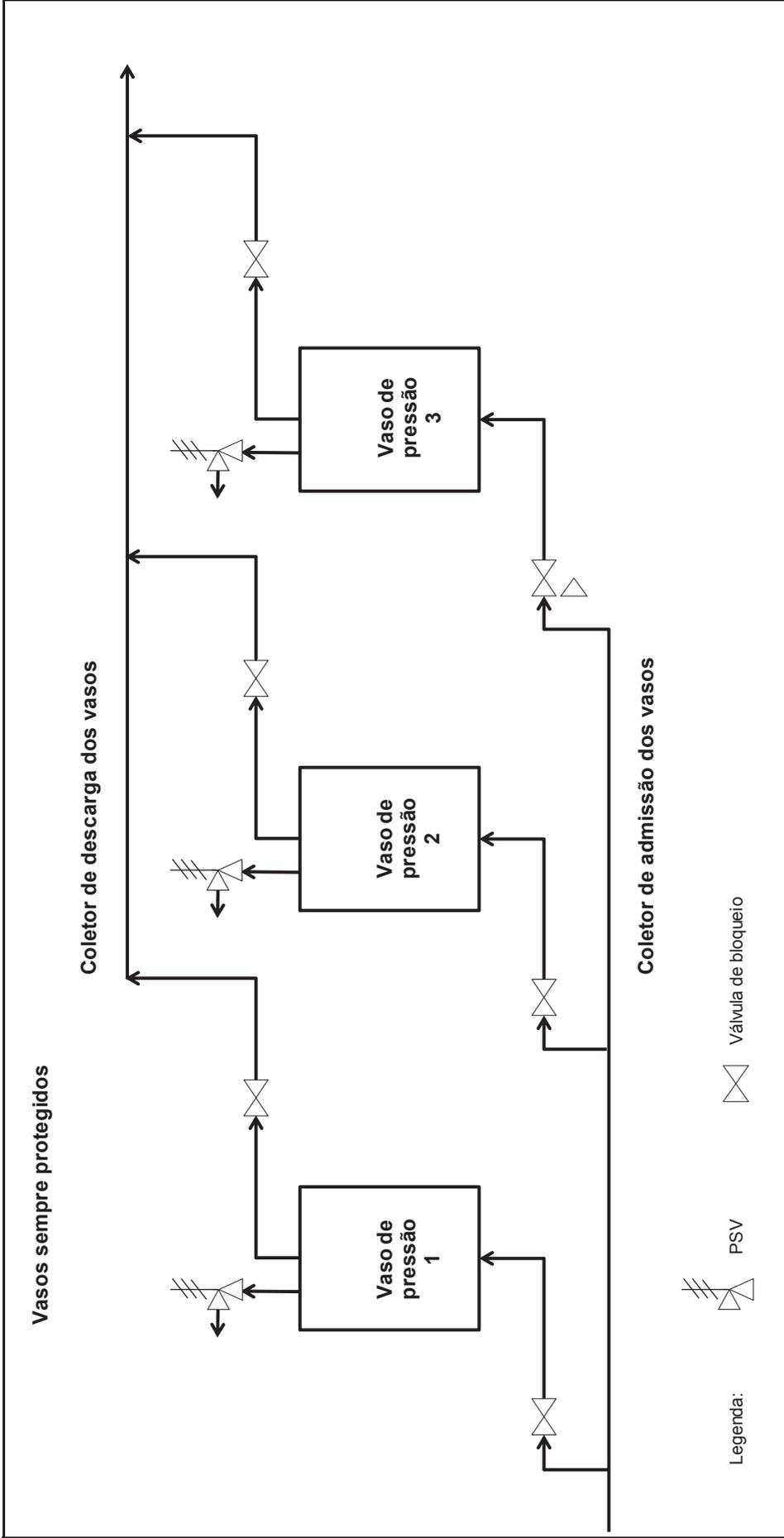
Válvulas de bloqueio são empregadas para isolar as válvulas de alívio de pressão do equipamento que protegem do sistema no qual as mesmas descarregam. Uma vez que a operação imprópria da válvula de bloqueio pode fazer a PRV inoperante, o projeto, a instalação e o gerenciamento dessas válvulas de bloqueio devem ser cuidadosamente avaliados para assegurar que a segurança da planta não seja comprometida. (tradução nossa)

Sobre “a operação imprópria da válvula de bloqueio pode fazer a PRV inoperante”, deve-se ter em mente que uma falha humana – do operador – pode comprometer a segurança da planta. Uma vez que a ocorrência de falha humana não se pode eliminar ou zerar por completo, não há razão para se ignorar a sua probabilidade positiva de ocorrer. Nesse caso, a recomendação lógica e segura é jamais permitir o emprego de bloqueio em série com PRV. Ressalte-se ainda o fato do baixo custo demandado por uma PRV frente ao valor dos ativos da unidade. Não há, pois, justificativa alguma para fazer-se economia em PRVs: o custo de investimento em PRVs é muitas vezes menor que o custo de investimento dos equipamentos que as mesmas têm a função de proteger contra sobrepensões⁶, na prevenção contra perda de estanqueidade dos fluidos presentes nesses equipamentos mecânicos estáticos.

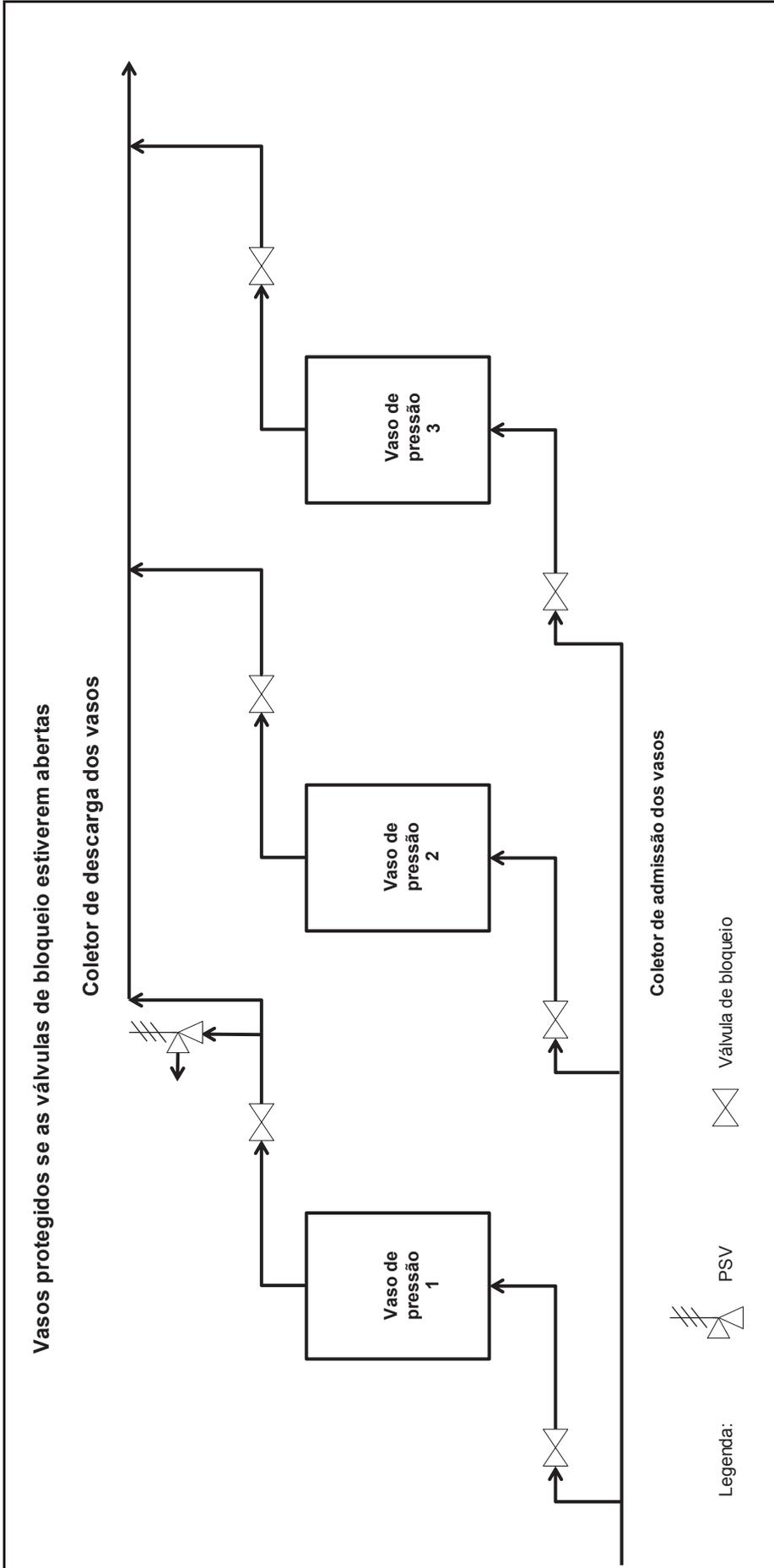
Quanto ao trecho com o segundo grifo, “cuidadosamente avaliadas para assegurar que a segurança da planta não seja comprometida”, sabe-se que deve ser na fase de estudo dos cenários das prováveis ocorrências de sobrepensões operacionais que o engenheiro de processo deve decidir sobre o DS a ser usado, concebendo o projeto de forma correta.

⁶ Custos de capital são obtidos facilmente através de consulta ao programa computacional **Icarus**, de propriedade da Icarus Corp., desde que isso seja feito através de base contratual (GARRETT, 1989, p.10). Assim, para qualquer caldeira a vapor, vaso de pressão e válvula de segurança pode-se constatar que a relação citada entre custos de investimentos tem valor muito baixo.

Desenho 1 – Pelo menos 1 DS por vaso de pressão



Desenho 2 – Apenas 1 DS para 2 ou mais vasos em paralelo



Instalar bloqueio em série com DS equivale a projetar-se uma proteção que funciona a depender da intervenção do operador, que pode cometer falhas diversas, levando o equipamento(s) protegido(s) a vulnerabilidade sob a ótica da segurança industrial. A recomendação em análise equivale, portanto, a continuar insistindo em uma concepção errônea sobre o alinhamento operacional da PRV, que assim contraria o propósito maior da proteção: toda PRV deve estar apta para atuar independentemente da ação do operador, desde que a mesma seja corretamente assistida pelo plano de manutenção da unidade e seja resultante de correto projeto de dimensionamento, seleção e instalação.

No subitem “4.2 – Aplicação” da referência (API, 1994) está dito:

Se a PRV apresenta um histórico de serviço com ocorrência de entupimento, vazamento ou outros problemas severos que afetam seu desempenho, a isolação e a dispensa da PRV podem ser condicionados. Esta estratégia de projeto permite que o acessório de alívio de pressão seja inspecionado, sofra manutenção ou reparo sem parar a unidade de processo. Contudo, há perigos potenciais associados ao emprego de válvulas de isolação. O código ASME de caldeiras e vasos de pressão, seção VIII, Apêndice M, aborda aplicações apropriadas dessas válvulas e os controles que devem existir quando válvulas de bloqueio devem ser utilizadas. A legislação local pode impor outras exigências. (tradução nossa)

São comentários pertinentes aos trechos grifados:

- “histórico de serviço”: em equipamento que jamais teve PSV, SV ou PRV, tal histórico não existe;
- “entupimento”: trata-se de possibilidade que pode ser superada com a instalação de RD à montante da PSV, SV ou PRV;
- “vazamento”: também é possível de ser superada com a instalação de disco de ruptura à montante da PSV, SV ou PRV;
- “há perigos potenciais associados ao emprego de válvulas de isolação”: tem-se aqui evidenciado o reconhecimento da norma API RP 520 de que, indubitavelmente, o uso de bloqueio significa lidar operacionalmente com evidente risco no processo, o que nega os cuidados que se devem tomar para eliminar possibilidades de falha cometidas pelo ser humano (operador). Deve-se, pois, objetivar o uso de proteção no equipamento e isso deve ser feito independentemente da ação humana a todo instante para assegurar-se a garantia do seu correto funcionamento.

– “legislação local”: é tamanha a importância à restrição ao emprego de bloqueio, que este tipo de projeto não tem o poder de infringir leis que vigoram em cada local. Pelo menos, supõe-se que o mesmo não deve ser feito sem que haja uma rigorosa avaliação de risco, verificando-se sua viabilidade legal e a sua aceitação junto aos trabalhadores e sindicatos de classe, avaliando-se ainda implicações sobre prêmios de seguro que suportem as instalações fabris e a probabilidade de lucro cessante. O uso de bloqueio é, pois, de uma seriedade relevante que deve sempre ser bem analisada conjuntamente pelos empresários, trabalhadores e seus representantes e entidades governamentais.

No projeto de adequação de uma unidade industrial de processo à NR 13 há sempre de querer-se custo mínimo para o projeto. Dessa forma, são procedidas análises de cenários operacionais nas unidades buscando contemplar o maior número possível de equipamentos capazes de serem todos protegidos por uma única PSV ou SV ou PRV. Não é isso o que recomendam os itens 4.1 e 4.2 do API RP 520, conforme pode ser depreendido das notas de rodapé na página anterior (API, 2000, p. 49).

Em se configurando a possibilidade de ocorrência de acidente industrial maior ou ampliado ou mega-acidente, conforme (OIT, 2002), vejam-se pontos de relevância capital dessa obra:

1

DISPOSIÇÕES GERAIS

[...]

1.4 Princípios básicos

1.4.1 As instalações de risco maior, conforme a natureza e a quantidade de substâncias perigosas que utilizem, podem causar acidente numa das seguintes categorias:

[...]

c) emissão, em toneladas, de líquidos ou gases inflamáveis que, ao se inflamarem, podem produzir altos níveis de radiação térmica ou formar nuvens de vapor explosivo; (OIT, 2002, p. 19).

Sobre o item c anterior, deve-se lembrar que frequentemente tais quantidades e produtos encontram-se presentes nas indústrias químicas, petroquímicas, de petróleo e gás e refinarias de petróleo. Essas indústrias guardam características requeridas para configurar a ocorrência de acidentes ampliados.

2

COMPONENTES DE UM SISTEMA

DE PREVENÇÃO DE RISCO MAIOR

2.1 Definição e identificação de instalações de risco maior

2.1.1 As autoridades competentes devem tomar providências para definir e identificar claramente tanto instalações de risco maior já existentes como as propostas, mediante uma lista de substâncias perigosas com suas respectivas quantidades-limite, que devem incluir:

[...]

c) gases e líquidos inflamáveis; (OIT, 2002, p. 21).

É sabido que “gases e líquidos inflamáveis” estão frequentemente presentes nas indústrias químicas, petroquímicas, de petróleo e gás e refinarias de petróleo, onde normalmente existe o perigo de ocorrer acidentes ampliados.

2.3 Avaliação de riscos maiores

[...]

2.3.6 Na avaliação de riscos maiores, convém levar em conta a probabilidade de ocorrência de acidente maior, embora não necessariamente na forma de uma precisa e quantificada análise de risco (OIT, 2002, p. 24).

No subitem 2.3.6, considerem-se as substâncias inflamáveis presentes e em quantidades de algumas toneladas e um erro humano, como deixar o bloqueio fechado à montante da PSV que contém o dito fluido inflamável, onde possa acontecer uma elevação da pressão de operação muito além da PMTA, rompendo a parede do vaso e havendo fuga do produto para o meio ambiente.

2.4 Controle das causas de acidentes industriais maiores

[...]

2.4.4 A gerência operacional deve providenciar para que o equipamento de segurança e a instrumentação de controle de processos sejam instalados e mantidos com alto padrão necessário à sua importância, para segurança da instalação de risco maior. (OIT, 2002, p. 25).

Tem-se no subitem 2.4.4 a sobreposição de uma ação gerencial emanada da área de operação comprometendo a segurança do equipamento e/ou da unidade fabril. Não se deve permitir o uso de bloqueio à montante e/ou jusante de PSV, SV ou PRV e isso já foi comentado antes neste trabalho.

2.6 Planejamento de emergência

[...]

2.6.3 Um plano de emergência deve ter como objetivos:

a) identificar qualquer situação capaz de ocorrer e, se possível, contê-la; (OIT, 2002, p. 25).

Jamais admitir a possibilidade de um vaso de pressão não poder contar com DS quando estiver posto a operar. O subitem 2.6.3, alínea a, parece incentivar a que técnicos de segurança, operadores e engenheiros critiquem o documento em questão, inclusive condenando os itens que se mostrem incongruentes com as exigências de segurança para unidades industriais, tais como aqueles que foram objeto de apreciação antes. Deve-se ter em mente que a vacância do DS pode ter 2 prováveis origens: advir de erro crasso de projeto ou ser resultado de alguma intervenção do homem que o teria removido, isso podendo ter decorrido de ação oriunda da manutenção e/ou da operação da unidade.

3

OBRIGAÇÕES GERAIS

3.1 Obrigações das autoridades competentes

[...]

3.1.9 Investigação de acidentes maiores

[...]

3.1.9.3 As autoridades competentes devem estudar e avaliar acidentes maiores ocorridos em outros países, para que lições possam ser aprendidas para as instalações similares em seus países (OIT, 2002, p. 31).

Sem dúvida alguma, o subitem 3.1.9.3. se presta para sinalizar que a implantação da NR 13 é uma ótima oportunidade para revisão dos cenários operacionais que conceberam os projetos de dimensionamento, seleção e instalação de DS, ocasião ímpar em que erros trazidos do passado devem hoje ser depurados à luz de experiências sobre SPBR. As lições aprendidas, para que as mesmas possam ficar apreendidas e disponíveis para as comunidades governamental, acadêmica e dos trabalhadores e sindicatos de classe, deve-se sugerir a criação de um banco de dados específico para inserção dos registros pertinentes aos projetos NR 13, recomendando que o mesmo seja gerido pela Fundacentro e pelo INMETRO por estarem diretamente ligados ao governo federal.

3.2. Responsabilidade da gerência operacional

[...]

3.2.4 Projeto e operação seguros

[...]

3.2.4.6 Além de criterioso projeto, fabricação e montagem e uma instalação de risco maior, a gerência operacional deve certificar-se da segurança das operações por meio de:

[...]

d) disponibilidade constante de sistemas de segurança; (OIT, 2002, p. 34).

Tem-se que na alínea d do subitem 3.2.4.6, decerto, se deve enfatizar que a “disponibilidade constante de sistemas de segurança” equivale a rejeitar-se a possibilidade de ter-se um DS sem função se for usado bloqueio à montante ou à jusante do mesmo, por qualquer que seja a razão, o que perfaz um alinhamento incorreto e perigoso, o qual retira completamente a proteção do equipamento mecânico estático.

3.2.6 Informações a autoridades competentes

3.2.6.1 A gerência operacional de uma instalação de risco maior deve enviar às autoridades competentes:

[...]

b) relatório de segurança contendo os resultados das avaliações de risco; (OIT, 2002, p. 34).

Acrescentem-se à alínea b anterior: combatendo omissões em projetos ou em unidades instaladas que negligenciem ou desconsiderem a efetiva proteção de segurança contra a ocorrência de sobrepressões operacionais (falta de DS, DS entre dois bloqueios, DS mais bloqueio, etc.).

3.4 Deveres do exportador de tecnologia que envolva riscos maiores

[...]

3.4.2 Além disso, quando uma tecnologia ou equipamento envolver uma situação de risco maior, o fornecedor deverá prestar informações sobre os seguintes aspectos:

[...]

b) histórico completo da tecnologia e do equipamento para mostrar:

[...]

– como os acidentes podem acontecer;

Sobre “como os acidentes podem acontecer” é certo que isso precisa ser cobrado pelo empresário pela simples razão de que fornecedores de plantas não costumam abordar insucessos, falhas de processos, casos de acidentes devidos a falhas de projeto. Pontos negativos são, à luz dos fornecedores, verdadeira “antipropaganda” de seus produtos. O melhor caminho é buscar-se a atualização

sobre segurança de processo junto a grandes e prestigiosos consultores e na literatura técnica aberta e confiável.

– as consequências dos acidentes; (OIT, 2002, p. 37).

Para conhecerem-se “as consequências dos acidentes” deve ser entendido que o melhor caminho é suprir-se de informações e dados junto a competentes consultorias específicas e na atualizada literatura técnica de alto nível.

[...]

– as medidas que podem ser tomadas para controlar esses possíveis acidentes; (OIT, 2002, p. 37).

Quanto “as medidas que podem ser tomadas para controlar esses possíveis acidentes”, nada como usar a experiência vivida por quem passou por acidentes, o que deve ser somado às informações oriundas de relatórios sobre análises realizadas de eventos similares, as quais devem ser normalmente encontradas com consultores especialistas nesse pontual tema.

c) o gerenciamento do sistema para evitar a ocorrência de acidentes, incluindo:

[...]

– estabelecimento de dispositivos de proteção; (OIT, 2002, p. 37).

No tocante ao “estabelecimento de dispositivos de proteção”, procurando dotar-se o sistema de proteção adequada, evitando-se deixar na mão do ser humano a operação de uma válvula de bloqueio para permitir o correto funcionamento do DS e ter-se plenamente operante a proteção contra sobrepressão.

[...]

e) performances de segurança e de histórico de acidentes em instalações similares em outras partes, quando disponíveis; (OIT, 2002, p. 38).

O senso de responsabilidade técnica e o alto grau de humanismo do gerente de operação de uma indústria de processo dizem que devem sempre ser perseguidas as informações atualizadas a respeito de “performances de segurança e de histórico de acidentes em instalações similares em outras partes, quando disponíveis”, disponibilizando-as para todo o corpo técnico envolvido com a

segurança de processo, buscando-se sempre a proteção técnica requerida para cada sistema da unidade.

[...]

3.5 Utilização de serviços de consultoria

[...]

3.5.2 Os serviços de consultoria podem atender a diferentes áreas de conhecimento, como:

[...]

b) segurança de projeto e operação; (OIT, 2002, p. 38).

A consultoria sobre “segurança de projeto e operação”, com a participação efetiva dos atores da indústria e academia – técnicos, operadores, engenheiros e cientistas – é certamente o viés que dá respostas rápidas de significativa qualidade.

c) análise de possíveis acidentes; (OIT, 2002, p.38).

A “análise de possíveis acidentes” deve ser buscada junto a técnicos, operadores, engenheiros e cientistas.

4

PRÉ-REQUISITOS DE UM SISTEMA DE PREVENÇÃO DE RISCO MAIOR

[...]

4.2 Recursos humanos necessários

4.2.1 Disposições gerais

4.2.1.1 A gerência operacional deve assegurar que exista um número adequado de pessoal disponível com suficiente conhecimento técnico antes de iniciar a operação de uma instalação de risco maior. O plano de cargos e turnos de trabalho deve ser organizado de modo que não aumente o risco de acidentes. (OIT, 202, p. 39).

É sabido que o “número adequado de pessoal” perfaz um item delicado e que ainda precisa ser mais criteriosamente discutido entre empresários, trabalhadores e governo, pois os quadros mínimos de turno estão cada vez menores, a ponto de comprometerem a qualidade da rotina, coisa que no refino, em particular, já se faz sentir (FERREIRA; IGUTI, 1996, p. 131-132).

5

ANÁLISE DE RISCO E PERIGO

5.1 Disposições gerais

[...]

5.1.2 Deve ser feita uma análise de segurança da instalação de risco maior como também de seus possíveis riscos, cobrindo os seguintes aspectos:

Sobre “possíveis riscos”: conforme já comentado, deve-se usar o apoio junto a técnicos, operadores, engenheiros e cientistas.

[...]

b) falhas e erros capazes de criarem condições anormais que conduzam a risco maior; (OIT, 2002, p. 43).

Subitem 5.1.2, alínea b: deve-se usar o apoio de junto a técnicos, operadores, engenheiros e cientistas.

c) consequências de um acidente maior para os trabalhadores e para pessoas que vivem ou trabalham fora da instalação ou para o meio ambiente; (OIT, 2002, p. 43).

Subitem 5.1.2, alínea c: deve-se usar o apoio de técnicos, operadores, engenheiros e cientistas.

d) medidas de prevenção de acidentes; (OIT, 2002, p. 43).

Subitem 5.1.2, alínea d: deve-se usar o apoio de junto a técnicos, operadores, engenheiros e cientistas.

5.2.2 Uma análise preliminar deve ser feita para identificar tipos de possíveis acidentes na instalação como emissão tóxica, incêndio, explosão ou liberação de material inflamável, e checar os elementos fundamentais do sistema de segurança. (OIT, 2002, p. 43).

No subitem 5.2.2: certamente, na qualidade de indústrias com tais potenciais de risco vislumbram-se a química, a petroquímica, a de petróleo e gás e de refino de petróleo.

[...]

5.3 Análise de risco e operabilidade (HAZOP)

[...]

5.3.4 O exame deve questionar sistematicamente cada uma das partes essenciais do projeto, sua finalidade, desvios dessa finalidade e possíveis situações de risco (OIT, 2002, p. 44).

Para o subitem 5.3.4, recomenda-se empregar consultoria específica ligada à área de confiabilidade de sistemas.

5.4 Análise de consequências de acidentes

5.4.1 Como ponto final da análise de uma situação de risco, deve-se proceder à análise das consequências de um acidente maior para determinar as consequências de um possível acidente maior para a instalação, os trabalhadores, a vizinhança e o meio ambiente.

Subitem 5.4.1: deve-se usar o apoio de junto a técnicos, operadores, engenheiros e cientistas.

5.4.2 Uma análise das consequências de acidentes deve conter:

- a) descrição do possível acidente (rompimento de tanque, rompimento de tubulação, válvulas de segurança defeituosa, incêndio);
- b) estimativa da emissão (quantidade de material tóxico, inflamável ou explosivo);
- c) quando necessário, cálculo da dispersão desse material liberado (gás ou líquido volátil);
- d) avaliação dos efeitos nocivos (tóxicos, radiação térmica, onda de choque).

Todos as alíneas do subitem 5.4.1 têm a ver fortemente com as indústrias química, petroquímica, petróleo e gás e refino de petróleo, devendo-se usar consultoria, com a participação efetiva dos atores da indústria e da academia – técnicos, operadores, engenheiros e cientistas – para obterem-se respostas de qualidade e com rapidez, conforme já colocado anteriormente.

5.4.3 As técnicas para uma análise das consequências de acidente devem incluir modelos físicos de dispersão de poluentes na atmosfera, propagação de ondas de choque, radiação térmica, e assim por diante, dependendo do tipo de substâncias perigosas presentes na instalação de risco maior. (OIT, 2002, p. 45).

6

CONTROLE DAS CAUSAS DE ACIDENTES INDUSTRIAIS MAIORES

6.1 Disposições gerais

[...]

6.1.3 Ao determinar qual falha pode ser de importância para uma determinada instalação, devem-se levar em consideração as seguintes causas possíveis:

[...]

– erros humanos e organizacionais;

Quanto aos “erros humanos”, sabe-se que estão sempre presente, com chance de comprometer a segurança de toda uma indústria. Assim, deve-se evitar deixar nas mãos do ser humano a operação manual de bloqueio de DS, quando o mesmo existir por imposição para manter-se a vida ou evitar-se a morte de uma empresa. Por regra, definitivamente o bloqueio deve ser evitado para que a proteção esteja sempre pronta para atuar com efetividade.

Sobre os “erros organizacionais”, compete ao gerente operacional agir para que esses erros não comprometam a sustentabilidade da empresa, que deve operar sempre com segurança, com todas as proteções firmes, com os trabalhadores treinados, motivados, apresentando alto nível de responsabilidade e zelo no que fazem.

[...]

– atos dolosos (OIT, 2002, p. 47).

Desde que os comentários anteriores sobre erros humanos e organizacionais se efetivem, a esperança é que o dolo seja inibido.

6.2 Falha de componentes

[...]

6.2.2 Como exemplos devem ser incluídas numa análise as seguintes falhas:

[...]

e) mau funcionamento de dispositivos de segurança e de sistemas (válvulas de segurança, diafragmas, sistemas de alívio de pressão, sistemas de neutralização de *flares*) (OIT, 2002, p. 48).

No subitem 6.2.2, alínea e, no que tange aos equipamentos estáticos, da implantação da NR 13 devem ser as necessidades de proteção atendidas para os equipamentos mecânicos estáticos devidamente categorizados por essa norma. Quanto ao sistema de *flare* (SF) ou de tocha (ST), quando novos efluentes de DS forem direcionados para esse sistema, uma reavaliação da capacidade do ST deve ser levada a cabo, com os critérios exclusivos para projetos de tocha, até porque é possível que em plantas que sofreram vários DBN (*debottleneckings* ou “desengargalamentos”) para terem suas capacidades crescidas, alívios de DS podem eventualmente atingir a capacidade instalada do sistema de tocha ou até mesmo ultrapassá-la e, dessa forma, podem determinar até mesmo a instalação de mais um novo ST.

6.3 Desvios das condições normais de operação

[...]

e) formação ou introdução de subprodutos, resíduos, água ou impurezas capazes de causar reações secundárias (por exemplo, de polimerização). (OIT, 2002, p. 49).

Tem-se no subitem 6.3, alínea e, mais uma razão irrefutável para que um sistema esteja sempre protegido, não dependendo da lembrança do ser humano de abrir o bloqueio que impede a atuação do DS de um vaso de pressão, por exemplo.

[...]

6.4 Erros humanos e organizacionais

[...]

6.4.2 O exame deve considerar as seguintes falhas e avarias:

a) erro do operador (botão errado, válvula errada);

[...]

f) procedimentos não autorizados, por exemplo, trabalho a quente, modificações. (OIT, 2002, p. 49).

No subitem 6.4.2, alínea a, entenda-se abrir o bloqueio do DS do vaso que está em manutenção e fechar o bloqueio do DS do vaso que está em operação. Erro factível, só eliminado com o não emprego de bloqueio na entrada ou na saída de DS. Outra razão para não se usar DS bloqueável por válvula convencional.

O subitem 6.4.2, alínea f, guarda a possibilidade de caracterizar, por exemplo, a inobservância do lacre de uma válvula de bloqueio à montante ou à jusante de uma PSV, SV ou PRV.

6.4.3 Esse exame deve considerar também as razões de erros humanos, que podem incluir:

[...]

f) uso excessivo de horas extras ou de trabalho por turno;

g) concepção ou dispositivos inadequados de trabalho, por exemplo, um só trabalhador num local de trabalho; (OIT, 2002, p. 49).

Sim, “uso excessivo de horas extras ou de trabalho por turno” é realidade no refino brasileiro (FERREIRA; IGUTI, 1996, p. 131-132). Tem-se, pois, mais uma razão para não deixar que DS seja posto em operação somente com a ação do operador, o que acontece quando o DS possui algum bloqueio – à montante ou à jusante.

Vê-se que o subitem 6.4.3, alínea g, em conformidade ao comentário sobre o mesmo subitem em sua alínea f, tudo parece caminhar nesse sentido: tem-

se, pois, mais uma razão a favor do não uso de bloqueio na alimentação ou na saída de DS.

6.5 Interferências externas acidentais

6.5.1 Para assegurar uma operação em condições de segurança de instalações de risco maior, possíveis interferências acidentais externas devem ser cuidadosamente examinadas pela gerência operacional, incluindo, quando for o caso, acidentes que envolvam:

[...]

d) instalações vizinhas, especialmente as que lidam com substâncias inflamáveis ou explosivas; (OIT, 2002, p. 50).

Transportando-se o subitem 6.5.1, alínea d, para uma ambiência tipo a do Complexo Industrial de Camaçari, fábricas situadas lado a lado, vizinhas, precisam estar adequadamente protegidas contra sobrepressões operacionais para que se possa garantir uma operação segura e, dessa forma, se pode também garantir que fator algum de risco externo prejudique a segurança de qualquer planta vizinha dessas. Por conseguinte, não basta implantar-se a NR 13 em parte do complexo, porque só com todas as indústrias tendo seus equipamentos mecânicos estáticos devidamente protegidos contra sobrepressões operacionais é que se garante a proteção global do complexo no que diz respeito aos limites de resistência desses equipamentos – com relação às prováveis interferências externas acidentais.

[...]

6.6 Forças da natureza

6.6.1 Dependendo da situação local, a gerência operacional deve considerar, no projeto da instalação, as seguintes forças naturais:

a) vento;

[...] (OIT, 2002, p. 50).

6.6.2 Conhecida a probabilidade de sua ocorrência no meio ambiente natural da instalação, adequadas precauções devem ser tomadas contra esses riscos. [...] (OIT, 2002, p. 51).

Para o subitem 6.6.1, alínea a, cuidados especiais devem ser tomados quando efluentes de PSV ou SV ou PRV forem direcionados para o meio ambiente, internamente ao sítio da indústria. É preciso domínio pleno da difusão dos vapores jogados na atmosfera, sem risco algum implicar. Contudo, tal prática deve ser evitada sempre que um sistema de tocha existir na instalação, o qual deve ser adequado para receber os efluentes perigosos e tóxicos na forma gasosa, que possam vencer a contrapressão existente. Estudo para verificação da adequação ou não da capacidade da tocha deve ser procedido com rigor.

Quanto ao colocado no subitem 6.6.2, solução de engenharia existe e a mais simples é projetar um sistema de tocha para atender à demanda do efluente.

6.7 Atos dolosos e sabotagem

6.7.1 Toda instalação de risco maior pode ser alvo de dolo ou sabotagem.

A proteção contra essas ações, inclusive a segurança *in situ*, deve ser considerada pela gerência operacional no projeto de instalação. (OIT, 2002, p. 51).

Entende-se sobre o subitem 6.7.1 que compete ao gerente operacional agir para que os erros organizacionais não comprometam a sustentabilidade da empresa, que deve operar sempre com segurança, com todas as proteções firmes, com os trabalhadores treinados, motivados, apresentando alto nível de responsabilidade e zelo no que fazem. Disso deve brotar a esperança de que o dolo seja inibido.

7 FUNCIONAMENTO DE INSTALAÇÕES DE RISCO MAIOR EM CONDIÇÕES DE SEGURANÇA

7.1 Disposições gerais

[...]

7.1.3 A gerência operacional deve levar em conta todos os riscos identificados na análise de risco, juntamente com as medidas de controle técnico e organizacional. (OIT, 2002, p. 53).

Se não atendido o subitem 7.1.3, não deve ocorrer, de fato, o gerenciando eficaz da operação da fábrica. É óbvio que se deve evitar o emprego cômodo de soluções paliativas quando em jogo está a sustentabilidade da indústria.

7.1.4 As medidas usadas para a prevenção de riscos devem incluir:

[...]

– sistemas de segurança; (OIT, 2002, p. 53).

No subitem 7.1.4, implantar a NR 13 e a IBR para ter-se a SPBR e, assim, garantir-se a sustentabilidade da unidade fabril. Entretanto, não se deve esquecer que a NR 13 apresenta algumas fraquezas, dentre as quais estão a não estrutura normativa exigida pelas normas de gestão e que cobre apenas 5 das 8 camadas de proteção da técnica LOPA e, que dessa forma, exige-se que a gestão empresarial na área tenha um SGS&SO em plena atuação.

[...]

7.2 Projeto de componentes

[...]

7.2.2 A gerência operacional deve considerar os seguintes elementos ao projetar um componente de segurança:

[...]

g) fatores humanos. (OIT, 2002, p. 54).

Para os “fatores humanos” deve-se procurar minimizar e/ou impossibilitar a ocorrência de erro humano nos sistemas de proteção. Eis, pois, mais uma razão contra o emprego de bloqueio de DS que, quando de sua instalação potencialmente perigosa, deve ser manipulado pelo operador industrial.

7.2.3 Ao projetar um componente de segurança adequado, a gerência operacional deve considerar, como requisito mínimo, as normas vigentes de projeto (por exemplo, ASME, DIN, BS). (OIT, 2002, p. 53).

No mar e em terra brasileiros, ao subitem 7.2.3 deve-se acrescentar o cumprimento da NR 13 no que diz respeito aos equipamentos mecânicos estáticos quando os mesmos estão categorizados por essa norma.

7.2.4 Os elementos supra devem ser particularmente considerados ao se projetarem componentes que contenham gases ou líquidos inflamáveis, explosivos ou tóxicos acima de seu ponto de ebulição. (OIT, 2002, p. 53).

As substâncias referidas no subitem 7.2.4 são comumente encontradas nas indústrias químicas, petroquímicas, de petróleo e gás e de refino de petróleo. Sem dúvida alguma, o emprego de bloqueios em série com DS deve ser refutado em todas as instâncias possíveis. Seguramente, o emprego de bloqueio em série com DS não reflete zelo, competência nem inteligência pelo projetista ou por quem de direito que isso permita acontecer.

7.4 Controle de processo

[...]

7.5.2 Esse sistema de controle, quando for o caso, deve fazer uso de elementos como:

[...]

– sistema de segurança; [...] (OIT, 2002, p. 55).

Como dito e repetido antes, correto “sistema de segurança” deve evitar instalar bloqueio contra a operação de DS quer à montante ou à jusante.

7.6 Sistemas de segurança

[...]

7.6.3 Para prevenir falhas dos componentes ligados à segurança, a gerência operacional deve propiciar maior confiabilidade a esses componentes, por exemplo, recorrendo à “diversidade” (sistemas diferentes fazendo o mesmo trabalho) ou à “redundância” (sistemas idênticos executando a mesma tarefa) (OIT, 2002, p. 57).

Em “sistemas diferentes”: uma PSV e uma válvula *on-off* realizando a mesma proteção contra sobrepressão operacional de vaso.

Em “sistemas idênticos”: uso de duas ou mais PSV, por exemplo, com o mesmo *set-point*, fazendo a mesma proteção de vaso.

Ainda sobre o emprego de válvulas de bloqueios em série com DS, a posição britânica mostra-se contrária ou não favorável, o que pode ser apreciado no que se segue:

9.2.2 FALHAS EVITÁVEIS POR UMA MELHOR OPERAÇÃO

[...]

(c) Um vaso projetado para 0,3 kg/cm²M e equipado com disco de ruptura estava sendo esvaziado por pressurização com ar comprimido. O operador foi instruído para manter a pressão abaixo de 0,3 kg/cm²M, mas não o fez e o vaso rompeu-se, atingindo-o com produto corrosivo. A válvula abaixo do disco estava fechada e provavelmente permaneceu assim por algum tempo.

É má prática (e em alguns países é ilegal) colocar válvula entre o vaso e discos de ruptura ou válvulas de segurança. A tal válvula tinha sido colocada para impedir o desprendimento de gases depois da ruptura do disco e apenas pelo tempo em que o disco estivesse sendo substituído. Melhor maneira é equipar o vaso com dois discos de ruptura, cada qual com sua válvula de bloqueio, intertravada de modo a ter-se uma sempre aberta. (KLETZ, 1993, p. 154).

A colocação “É má prática (e em alguns países é ilegal) colocar válvula entre o vaso e discos de ruptura ou válvulas de segurança” corrobora com o perigo que bloqueio em série com DS representa em fábricas perigosas. Também, corresponde à explícita posição de Kletz (1993, p. 154), a qual é plenamente contrária ao uso de bloqueio(s) em série com DS.

“Melhor maneira é equipar o vaso com dois discos de ruptura, cada qual com sua válvula de bloqueio, intertravada de modo a ter-se uma sempre aberta” corresponde à recomendação que resgata a condição que assegura a proteção do equipamento mecânico estático contra sobrepressões operacionais o tempo todo, não dependendo do correto alinhamento de bloqueio de DS pelo operador industrial.

Se um gás comprimido está sendo admitido em vaso que não suporta totalmente a sua pressão, é boa prática instalar-se válvula redutora de pressão na linha de gás. Isso seria possível no caso acima descrito, mas nem sempre é praticável quando o gás é usado para soprar líquido para dentro de um vaso. Se a pressão do gás é restrita pela pressão de projeto do vaso, ela pode não ser suficiente para vencer a diferença de nível e a perda de carga.

Um aspecto lateral do acidente é que o operador trabalhava há apenas sete meses e já havia recebido cinco avisos por falta de atenção à segurança e à operação da unidade. Mas, no caso, o acidente não foi devido à sua desatenção e sim ao projeto deficiente do equipamento. (KLETZ, 1993, p. 154).

No trecho “...o acidente não foi devido à sua desatenção e sim ao projeto deficiente do equipamento” tem-se o entendimento de Kletz, o qual classifica como errado o projeto que emprega bloqueio em série com DS.

Mais cedo ou mais tarde a válvula seria aberta quando deveria ser fechada, ou vice-versa, e a instalação possibilitava isso. (KLETZ, 1993, p. 154)

Em “Mais cedo ou mais tarde a válvula seria aberta quando deveria ser fechada”, Kletz acredita tacitamente que o erro humano pode ocorrer a qualquer instante.

1.1.5 BLOQUEIOS NÃO REMOVIDOS

Com a planta em operação, um operador observou uma raquete no *vent* de um tanque. Ela tinha sido instalada durante a manutenção do tanque para isolá-lo do sistema de descarga. Finda a manutenção, a raquete foi esquecida. (KLETZ, 1993, p. 5).

Perceba-se que a não remoção do bloqueio em “Finda a manutenção, a raquete foi esquecida” perfaz um erro que equivale a manter fechada uma válvula de bloqueio em série com um DS.

Felizmente o tanque, um antigo equipamento, foi suficientemente forte para suportar a pressão à qual submetida, caso contrário, teria estourado.

Se um vaso tem de ser bloqueado de linha de *vent* ou de descarga, não deve ser raquetado, mas, sempre que possível, ser desconectado e ventado para a atmosfera, como na Figura 1.3.

Se as linhas de *vent* fazem parte de um sistema de alívio, devem ser instalados flanges cegos para impedir a entrada de ar nele. Assegura-se que o flange cego foi colocado no lado da tocha, na ligação que foi aberta, e não no lado do tanque (Figura 1.3). (KLETZ, 1993, p. 5).

Tem-se aqui uma recomendação segura sobre as instalações de “flanges cegos” para impedir a entrada de oxigênio nos sistemas de alívio de hidrocarbonetos alinhados para a tocha, que deve ser seguido pela manutenção.

Notar que, se houver entrada no vaso, a ligação a ser desfeita deve ser a mais próxima do tanque.

Se, por ser rígida demais para ser removida, uma linha de *vent* deve ser raqueteada, então seus *vents* devem ser os últimos a serem raqueteados e os primeiros a serem desraqueteados.

Se todas as raquetes forem registradas em uma lista haverá menos possibilidades de serem esquecidas (KLETZ, 1993, p. 5-6)

Como colocado antes, Kletz acredita tacitamente que o erro humano pode ocorrer a qualquer instante, devendo-se empregar uma lista ou fazer uso de uma LV equivale a reduzir a probabilidade de ocorrência de erro humano.

1.1.6 DIVERSOS INCIDENTES ENVOLVENDO BLOQUEIOS PARA MANUTENÇÃO

(a) Acreditava-se que uma raquete instalada por muitos meses, talvez anos, bloqueava o equipamento. Porém, havia sido transpassada por corrosão (Figura 1.4).

Raquetes instaladas por períodos prolongados devem ser removidas e inspecionadas antes da manutenção, para serem confiáveis como bloqueios. Tais raquetes devem ser listadas para inspeções periódicas. (KLETZ, 1993, p. 6).

Inspeções periódicas de raquetes também decorrem do fato de que Kletz acredita tacitamente que o erro humano pode ocorrer a qualquer instante: neste caso, corrosão deve comprometer a estanqueidade esperada na aplicação das raquetes..

(b) Uma raquete com cabo curto foi esquecida após a manutenção e deixada no local. Os cabos devem ter pelo menos 130 mm em linhas de até 6 polegadas e, acima desse diâmetro, pelo menos 150 mm.

(c) Ocasionalmente, derivações de pequenos diâmetros cobertos por isolamento térmico passam despercebidas e não são bloqueadas do processo.

(d) Em muitas ocasiões, raquetes feitas com chapas finas se deformam e são de difícil remoção. A Figura 1.5 mostra raquete de chapa fina que foi submetida a pressão de 32 kg/cm² M. (KLETZ, 1993, 6-7).

Padronização dimensional dos cabos das raquetes deve ser perseguido para ter-se a minimização das possibilidades de erro de esquecimento de remoção

das mesmas após a manutenção: Kletz acredita tacitamente que o erro humano pode ocorrer a qualquer instante.

1.2.4 Identificação de válvulas de segurança

Duas válvulas de segurança, de aparência idêntica, foram retiradas durante uma parada e enviadas à oficina para reparos. Uma delas estava ajustada para operar a $1 \text{ kg/cm}^2 \text{ M}$ e a outra a $2 \text{ kg/cm}^2 \text{ M}$. Essas pressões encontravam-se estampadas nos seus flanges, mas isso não impediu que acabassem sendo trocadas.

Muitos incidentes parecidos têm ocorrido em outras fábricas.

Tais incidentes podem ser evitados ou, pelo menos, tornados mais improváveis, pela colocação de duas etiquetas com o mesmo número: uma no flange que ficou no local e outra na válvula removida (KLETZ, 1993, p. 11).

Deve-se ter a “colocação de duas etiquetas com o mesmo número: uma no flange que fica no local e outra na válvula removida”, estabelecendo-se uma relação biunívoca entre flange e SV a ser checada na instalação da válvula de segurança após a sua inspeção e/ou calibração: Kletz acredita tacitamente que o erro humano pode ocorrer a qualquer instante.

Do exposto antes, alinhado com vários pontos perfeitamente casados com o documento da OIT, com subtítulo Contribuição da OIT para o Programa Internacional de Segurança Química do PNUMA, OIT e OMS (International Programme on Chemical Safety – IPCS) e mais as colocações de Kletz (1993, p. 5-7, 11, 154), algumas das considerações postas em notas de rodapé consubstanciam as seguintes posições técnicas:

– grandes indústrias do Complexo Petroquímico de Camaçari lidam com líquidos e gases inflamáveis em quantidades medidas em toneladas (t). Dessa forma, elas são definidas pela OIT como indústrias com potencial de provocar mega-acidentes, acidentes ampliados ou maiores. Em sendo assim, todo e qualquer estudo de viabilidade técnico-econômica (EVTE) deve justificar o investimento feito em todo e qualquer projeto de adequação de unidades petroquímicas à NR 13 para as fábricas localizadas no Complexo Industrial de Camaçari, pois a ocorrência de um mega-acidente encerra o potencial de destruir literalmente fábricas e de até o complexo inteiro, cessando o lucro das empresas de imediato, além da igual probabilidade de gerar agressão gigantesca ao meio ambiente e às comunidades próximas. Tais fatos devem, sim, justificar não ser habitual fazer-se o EVTE em projetos NR 13 pelas grandes empresas petroquímicas, pois qualquer que seja a

probabilidade utilizada para a ocorrência de um mega-acidente deve implicar em prejuízos enormes, estes podendo, inclusive, acarretar não apenas a destruição das unidades, mas a falência das empresas proprietárias. Tome-se como exemplo o mega-acidente da fábrica da Union Carbide localizada em Bhopal, que acarretou na falência mundial da proprietária Union Carbide;

– a especializada consultoria técnica na área de segurança de processo, alinhada com a rica obra *Riscos industriais* (DUARTE, 2002), se constitui numa opção prudente para que se possa ter sempre em mira os melhores e mais seguros sistemas nas indústrias de processo, devendo abranger os campos da prevenção de acidentes, da análise de acidentes e da adequação das plantas às técnicas mais recentes e de maior sucesso no campo da proteção dos equipamentos;

– atendimento pleno à NR 13 e a implantação sistematizada da IBR para ter-se a efetividade no emprego das técnicas de SPBR, garantindo-se a sustentabilidade da indústria de processo, livre, pois, de quaisquer acidentes (maiores). Em particular, para unidades supercríticas, devem-se ter atendidas todas as exigências da técnica LOPA, pois a NR 13 apresenta vacância em 3 das 8 camadas cobertas ali (cf. Quadro 13, p. 51);

– necessidade de implantar-se a NR 13 e a IBR em todo Complexo Petroquímico de Camaçari, evitando-se interferências decorrentes de acidentes em indústrias não plenamente protegidas, perturbando a continuidade operacional do conjunto de fábricas e levando perigo às fábricas plenamente protegidas;

– deve-se interpretar o subitem 13.6.2, alínea b, da NR 13, com o máximo rigor possível na apuração e na análise de razões empreendidas para a instalação de bloqueio antes ou após um DS. Jamais se deve tirar proveito dessa permissão existente na NR 13, a qual mais parece significar uma forma para economizar-se em quantidade ou número de DS e trechos de tubulações ao usar-se um único DS, por exemplo, para proteger um conjunto de equipamentos interligados quando em operação. Entretanto, caso o bloqueio em série com o DS de um dos equipamentos seja fechado, o mesmo deixa de estar protegido e arca com o ônus de apresentar risco para o processo, constituindo-se (o bloqueio) em provável ente capaz de provocar acidente no equipamento mecânico estático quando da ocorrência de sobrepressões operacionais incompatíveis com a resistência mecânica do mesmo. Igualmente, não se devem ler nem entender os desenhos esquemáticos dispostos na norma API RP 520 (API, 1994, p.10-13) como soluções corriqueiras de uso amplo

e irrestrito. Na verdade, tão somente após ser realizada análise detalhada e tomada a decisão atingida em grupo composto por técnicos de manutenção, operadores e engenheiros, com a ação decisória para instalar válvula de bloqueio(s) em série com DS(s) devidamente suportada através de documento proveniente de consulta jurídica realizada sobre a legislação local em vigor e com a expressa anuência dos órgãos representativos da classe dos trabalhadores e do governo (via TEM ou seu representante legal) é que bloqueio(s) deve(m) ser utilizado(s). A utilização, se aprovada nos termos anteriores, deve atrelar-se, possivelmente, à sobrevivência da fábrica ou à necessidade de melhorar a continuidade operacional da unidade para resgatar sua competitividade mercadológica, que é fundamental para a manutenção dos empregos que propicia aos trabalhadores. Procedimentos especiais, então, precisam ser escritos e os operadores e o pessoal de manutenção devem ser especialmente treinados para que o(s) bloqueio(s) não venha(m) a se constituir(em) em perigoso(s) elemento(s) no seio industrial;

– a periculosidade está presente nas fábricas capazes de provocar acidentes, principalmente os ditos ampliados ou maiores ou mega-acidentes e, para que isso seja inibido, o gerente operacional deve primar por manter todos os liderados continuamente treinados e motivados, esperando-se da liderança habilidade para também enfrentar e corrigir os erros organizacionais, que, em última instância, podem inclusive comprometer a segurança industrial.

APÊNDICE L – Uma Breve Crítica Comum aos Anexos I-A e I-B da NR 13

Os anexos destacados referem-se a treinamentos obrigatórios para operadores de caldeiras (Anexo I-A) e operadores de vasos de pressão (Anexo I-B).

Curso algum dos apreciados acima apresenta ou define o que todo programa deve contemplar na sua estruturação. No subitem 13.8.7 da NR 13 está posto que “Os responsáveis pela promoção do Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo” estarão sujeitos ao impedimento de ministrar novos cursos, bem como a outras sanções legais cabíveis no caso de inobservância do disposto no subitem 13.8.6.” (CURIA; CÉSPEDES; NICOLETTI, 2013, p. 186). Sobre esse subitem, no que concerne às “sanções legais cabíveis”, não procede “pois a Constituição Federal, no art. 50, XIII, preceitua que é livre o exercício de qualquer trabalho, ofício ou profissão, atendidas as qualificações profissionais que a lei estabelecer (a NR 13 é instituída por Portaria e não por Lei); assim, tratar-se-ia de restrição ao exercício profissional sem o competente respaldo legal. Ademais, não se prevê o prazo de restrição, sua forma, qual o âmbito a que estará relacionada, entre outros aspectos, o que viola o princípio administrativo e penal da proporcionalidade. Ainda, porém, que se considere válida a punição, é de se salientar que não pode ser imposta automaticamente, devendo ser aplicada após regular processo administrativo que assegure ao acusado as garantias do contraditório, ampla defesa e devido processo legal (CF, art. 5º, LIV e LV).” (PEREIRA, 2005, p. 60). Semelhante consideração pode ser feita para o subitem 13.3.8.

Há pontos importantes sinalizando uma nova revisão da NR 13 para tratar, mais amiúde, os aspectos jurídicos envolvidos com a importante norma. Verificam-se tópicos não adequadamente explicitados nos anexos I-A e I-B para uma mais fácil aplicação dessa norma, tais como aqueles que se referem:

- à metodologia de ensino a ser empregada;
- às ferramentas didáticas mínimas a serem utilizadas durante a ministração de cada um daqueles treinamentos;
- à exigência do estágio prático supervisionado, não enfatizada para os sistemas de grande risco, aqui entendidos necessitando de relevante rigor enquanto itens do processo avaliatório do aprendizado pelo alunado, que deve ser capaz de atestar a capacitação e a habilidade para labutar com caldeiras e vasos de pressão;

– à carga horária mínima de quatro horas estabelecida por item a ser cumprida para o treinamento em destaque, entretanto nada está dito sobre a forma ou o critério a ser respeitado e seguido para a definição da carga horária de cada novo item acrescentado sobre todos os programas mínimos que estão fixados nos anexos ora analisados da NR 13; e

– aos itens dos programas mínimos para os cursos de caldeiras e de vasos de pressão, que estão postos de forma muito ampla e, por isso, apresentam-se carentes de um bom detalhamento que possa dotá-los de duas partes factíveis de serem atendidas, assim sendo enfatizada a importância do treinamento teórico e do fundamental treinamento prático correspondente, de sorte que cada um deles possa ser mais bem delimitado e, dessa forma, ambos carecem ser melhor programados pelos facilitadores e mais facilmente ministrados em cada aula quando dos treinamentos, conseqüentemente possibilitando-se um melhor acompanhamento dos conteúdos abordados pelos aprendizes, o que deve de ser refletido em maior e melhor aprendizado pelo alunado.

Deve-se entender que a NR 13 tem o objetivo tornar os sistemas industriais com equipamentos mecânicos estáticos mais seguros ao atribuir-lhes a obrigatoriedade de serem munidos de DS contra sobrepressão além da PMTA – para cada caldeira a vapor e vaso de pressão. Para tanto, está em seu bojo toda uma sistemática composta de diretrizes a serem seguidas pelos proprietários daqueles equipamentos, nela inserindo-se os treinamentos sobre operação dos mesmos.

Pela inquestionável importância e atenção que os equipamentos exigem dos trabalhadores e da(s) comunidade(s) que se situa(m) nas proximidades os mesmos, o cumprimento da NR 13 pelos empresários conforma-se como um verdadeiro atendimento à uma tácita norma de qualidade.

Tendo-se a NR 13, entendida sob a ótica da Ciência da Qualidade, a mesma passa a ser vista obedecendo a padrões, os quais devem sempre ser utilizados a qualquer tempo por todos que a empregarem em unidades industriais contendo equipamentos mecânicos estáticos.

Em particular, podem ser logicamente compreendidos os treinamentos de operadores industriais enquanto seguidores dos padrões de qualidade que compõem a NR 13.

Os treinamentos constituem-se indispensáveis para o sucesso da efetivação da NR 13, ou melhor, do seu emprego correto e difuso, possibilitando a adequação de fábricas às exigências que perfazem aquela norma.

Urge-se que os conteúdos dos cursos tratados nos anexos I-A e I-B devem ser refinados para que se garanta uma preparação uniforme e adequada dos operadores.

É imprescindível ter-se a garantia de uma excelente formação da mão de obra treinada, a qual deve estar à altura da importância requerida pelas complexas e perigosas operações de caldeiras e vasos de pressão.

À colocação anterior, Cruz e Silva (2008, p. 43) expõem o fato de que acidentes com caldeiras e vasos de pressão têm como causa principal erro de operação ou manutenção deficiente, donde se pode inferir que a presença da falha humana continua evidenciada naqueles que labutam com a operação e a manutenção desses equipamentos mecânicos estáticos.

Cruz e Silva (2008, p. 49) enfatizam a importância do conhecimento e da capacitação humana para a garantia da sustentabilidade das nações:

Atualmente, a aprendizagem contínua é imprescindível para a sustentação das relações produtivas, uma vez que o conhecimento tem se acumulado de forma cada vez mais veloz. Aliado a isso está o fato do conhecimento ser essencial para a competitividade. Assim, o conhecimento e a capacidade de aprendizado são considerados uma condição para o desenvolvimento humano e para a sustentabilidade dos países.

É sabido que os modernos vasos de pressão e caldeiras têm utilizado também modernas tecnologias em seus projetos, que se destinam à obtenção de melhorias de segurança e da continuidade operacional dos referidos equipamentos. São, em essência, empregadas tecnologias de automação (controladores lógicos programáveis – CLP, sistemas digitais de controle distribuído – SDCD, inversores de frequência, analisadores e cromatógrafos de processo, etc.) que objetivam proporcionar uma melhor e mais segura operação, conferindo maior confiabilidade aos processos em que se inserem, exigindo dos operadores e técnicos em geral conhecimentos proporcionados pelas ciências Física, Química, Matemática, etc., as quais tão somente são ofertadas no ensino médio brasileiro, antigo 2º grau. Vê-se, pois, que a exigência para operadores de caldeiras e vasos de pressão está aquém

das reais necessidades – e que se confirmam plenamente necessárias – porque os treinamentos ora focados se destinam a garantir a segurança operacional desses equipamentos, todos considerados de risco e perigosos.

A seguinte assertiva é simples, mas forte por encerrar elevado poder de síntese à luz de uma reflexão maior: “O homem precisa ser melhorado e só pode ser capacitado com treinamento” (CRUZ; SILVA, 2008, p. 44).

À dita frase, acrescente-se que o treinamento para ser efetivo e aconteça com sucesso deve selecionar candidatos detendo a requerida formação intelectual que o temática abrange e não apenas obedecer à exigência ultrapassada da legislação vigente. Isso confirma ser uma enorme incongruência que pode alimentar incidentes ou acidentes futuros em caldeiras e vasos de pressão. Precisa-se, sim, que aconteça o pleno entendimento dos treinandos – ou futuros operadores – sobre os tópicos ministrados nos cursos de formação de operadores. Infelizmente, isso não acontece atualmente, o que se constitui em provável fato que pode explicar a persistência de ocorrências de tantos sinistros com caldeiras e vasos de pressão no Brasil. Mesmo em se sabendo das verdades postas aqui, a proposta de alteração da NR 13 que passou por recente consulta pública continua a exigir apenas o título de ensino fundamental como pré-requisito de qualificação para candidatos aos cursos de formação e operadores para caldeiras e vasos de pressão, o que é absolutamente condenável.

É sabido que existe suficiente oferta de mão de obra no mercado nacional, havendo candidatos ao cargo de operador de caldeiras e vasos de pressão já tendo completado o ensino médio brasileiro, podendo-se aproveitar para tal função aqueles que, em exame formal para a participação no treinamento, demonstrem maiores conhecimento e aptidão para a função a ser desempenhada. Independentemente da NR 13, o empresário moderno não deve mesmo tolerar entregar seus ativos perigosos – adquiridos após elevados custos de investimento – para serem operados por técnicos que não tenham a formação completa do ensino médio. Perceba-se que em se fazendo aqui um paralelo com os candidatos de nível médio ao cargo de escriturário do Banco do Brasil, verifica-se que a seleção via concurso público tem insistentemente aprovado para a quase totalidade das vagas tão somente candidatos portadores de diploma de curso superior e perfeitamente capacitados. Somente à guisa de tornar a colocação anterior mais clara, faz-se necessário acrescentar a mesma se justifica ou tem explicação no elevado número

de candidatos por vaga nos frequentes concursos públicos que estão a revelar uma verdadeira explosão nacional de desempregados, principalmente, à procura de empregos supostamente melhores que os ofertados pelas empresas privadas, justo de onde provêm os candidatos mais capacitados por terem sido demitidos de empregos anteriores e estarem sem exercer suas funções ou porque os mesmos almejam a garantia de estabilidade que ainda não têm em seus atuais cargos ou simplesmente procurem por melhores e mais humanas condições de vida.

A postura vigente do empresariado moderno exige maior e melhor capacitação por parte de suas equipes técnicas na condução de seus equipamentos, particularmente caldeiras e vasos de pressão e, por conseguinte, de seus negócios que dependem do bom e seguro funcionamento dos equipamentos, não se limita apenas ao universo da proteção das caldeiras e dos vasos de pressão, mas é ditada pela intensa competitividade vivida pelos mercados em que participam, daí decorrendo a necessidade de perseguição e detenção de *benchmarkings* de produtividade, de tecnologia e de melhoria da capacitação da mão de obra dos operadores e, também, dos técnicos de manutenção para atendimento às demandas específicas dos equipamentos focados pela NR 13 (CRUZ; SILVA, 2008, p. 53).

É fato que na última década, muitas escolas federais de ensino médio foram fundadas pelo Brasil afora, tendo formado milhares de técnicos nas mesmas, consolidando-se então uma excelente fonte geradora de candidatos ao cargo de operador de caldeiras e/ou de vasos de pressão, igualmente formando técnicos para a função de técnico de manutenção, com ampla capacitação técnica para atuação na indústria de processo e, em geral, na operação e na manutenção de modernos equipamentos nas instituições que deles se utilizam. Contudo, em lugares remotos do país e justo onde tais técnicos podem estar rarefeitos, o empresário ou o proprietário e possuidor de caldeira e/ou vaso de pressão pode a vir tirar proveito da situação atípica de oferta de mão de obra ao contratar operador cumprindo apenas a exigência atual da NR 13, que é a exigência do candidato portar apenas o título escolar do ensino fundamental. Assim procedendo, o empresário pode até pagar salário menor, mas isso deve expor o seu ativo a risco maior (pela mão de obra menos qualificada e que normalmente é a mais barata) em seus processos onde caldeiras e vasos de pressão estão incluídos.

Pelo exposto anteriormente e por saber-se que a inadequada qualificação de mão de obra pode redundar em vítima(s) fatal(is) no sítio produtivo do empresário

e que tal fato é crime que agride o trabalhador, o meio ambiente e a sociedade, é recomendável que a NR 13 deve ampliar a exigência curricular dos candidatos ao cargo de operador de caldeiras e vasos de pressão, passando a exigir que o candidato tenha completado o ensino médio.

Pode-se imaginar que o emprego de mão de obra na condução da operação de equipamentos em que existem riscos operacionais seja logicamente perigoso. Isso pode configurar algum tipo de erro materializável em acidente: “An accident may be a manifestation of the consequence of an error” (SENDERS; MORAY, 2009. 104).

Apesar de Senders e Moray recomendarem o tratamento do erro como o de uma variável aleatória, que pode ser somente moderadamente modificada por fatores externos como o treinamento e a realização de tarefas (SENDERS; MORAY, 2009, p. 135), deve-se entender que operadores bem capacitados e devidamente treinados não devem, sob condições de perfeita saúde física e mental, incorrerem no cometimento de erros em suas tarefas diárias ao operarem caldeiras e vasos de pressão.

Vale frisar que o entendimento de Senders e Moray mostra-se correto e apropriado em relação a cada equipamento e aos acessórios que o integram, devendo-se acreditar que operadores corretamente formados para o cargo em questão sejam improváveis de responsabilização por causas que impliquem em erros na operação desses equipamentos. O contrário, por sua vez, operadores mal treinados ou não plenamente capacitados para a operação de caldeiras e vasos de pressão podem, sim, cometer erros que os responsabilizem por acidentes ocasionáveis quando de manobras operacionais malfeitas ou incorretas.

Senders e Moray (2009, p. 135) insistem em expor seus pontos de vista sobre erros, tratando-os por eventos randômicos, pouco impactáveis através de treinamentos e rotinas operacionais:

In terms of origins of errors, I continue to believe that, in practice, we must largely treat their occurrence as a random variable that can be only moderately modified by external factors such as training and task aids.

*[...] error means that something has been done which was:
not intended by the actor;
not desired by a set of rules or an external observer; or
that led the task or system outside its acceptable limits.*

Deve-se entender que as atividades de treinamento contribuem para tornar o ser humano menos susceptível a cometer erros, mas não elimina essa possibilidade, apenas reduzindo a probabilidade deles acontecerem. Em qualquer das três possibilidades apresentadas por Senders e Moray, o erro sempre está presente ou acontece, podendo ser efeito ou causa – não se desejando que aconteça.

Os autores citados no parágrafo anterior acrescentam: “All errors imply a deviation from intension, expectation, or desirability” (SENDERS; MORAY, 2009, p. 25).

Mensurar quanto um dado treinamento da mão de obra significa para inibir o cometimento de falha humana não é uma tarefa fácil, mas à luz das exposições anteriores é fácil prever-se que apenas deve mitigar a frequência dos erros humanos, cujo comportamento apresenta aleatoriedade.

Uma tentativa de modelar matematicamente a dependência da probabilidade do cometimento de erro pelo ser humano é apresentada no Apêndice C à p. 205, em cuja lógica dedutiva empregada tem-se que para cada novo treinamento corretamente ministrado é proporcionado algum decréscimo na probabilidade de cometimento do erro humano.

Dessa forma, tem-se que, com a ministração de treinamentos certos e/ou eficazes de operadores dirigidos para a operação de caldeiras e vasos de pressão, é provável esperar-se por frequências de erros humanos cada vez menores, o que equivale ao que está posto à p. 25 da obra de Senders e Moray antes citada.

Faz-se necessária a inclusão de mais um profissional capacitado no grupo de técnicos que elaboraram os conteúdos programáticos e as cargas horárias para os treinamentos de operação de caldeiras e vasos de pressão, porém com formação não somente na área das Ciências Exatas, mas detendo ainda comprovada formação nas disciplinas Didática, Metodologia e Prática de Ensino, Psicologia Educacional e Técnicas de Avaliação.

Com o estabelecimento de padrões de qualidade antes referidos, sem sombra de dúvida alguma, deve-se garantir o sucesso da implantação da NR 13 ou da adequação industrial à mesma no que concerne à operação dos equipamentos mecânicos estáticos, que foram corretamente categorizados pela dita norma. Trabalhadores que foram treinados em campo após concluírem cursos de formação,

conforme já colocado anteriormente, devem continuar a participar de reciclagens periódicas sobre a operação de caldeiras e vasos de pressão.

Além da manutenção dos documentos e desenhos técnicos do projetos dos equipamentos categorizados pela NR 13 atualizados, integram as responsabilidades do gerente operacional o cumprimento dos planos de manutenção e os treinamentos dos operadores de vasos de pressão e caldeiras, sobre o que o MTE, as populações circunvizinhas aos sítios em que se instalam as unidades operacionais, os trabalhadores, os sindicatos de classe – que representam os trabalhadores – e os interessados no negócio mantêm assíduo acompanhamento, o que também acontece pela mídia que dissemina praticamente tudo que acontece e tem a ver com as instalações e é do interesse da sociedade. Por isso e pela explícita obrigação legal de cumprir a NR 13, os proprietários de ativos enquadrados nessa norma devem atendê-la em toda sua plenitude.

APÊNDICE M – Categorias dos Equipamentos Conforme a NR 13 e Domínio de Aplicação dessa Norma Regulamentadora

CATEGORIAS DOS EQUIPAMENTOS SEGUNDO A NR 13

A NR 13 aborda as caldeiras aquotubulares e flamotubulares, categorizando-as em função da pressão de operação (cf. subitem 13.1.9 da NR 13).

Campos (2011, p. 17-22) apresenta uma excelente síntese, com ilustrações, sobre as descrições das caldeiras a vapor, podendo ser utilizada para o entendimento do funcionamento daqueles equipamentos.

No Quadro 4 está expressa a categorização em foco.

Quadro 4 – Categorização de caldeiras pela NR 13

CATEGORIA	VOLUME INTERNO	PRESSÃO DE OPERAÇÃO	
	l ou litro	kPa abs.	kgf/cm ² abs.
A	NA	≥ 1960	≥ 19,98
B ¹ (1)	≤ 100	(588, 1960) (2)	(5,99, 19,98) (2)
B ² (1)	> 100	(0, 588) (2)	(0, 5,99) (2)
C	≤ 100	≤ 588	≤ 5,99

Fonte: NR 13, subitem 13.1.9.

Legenda:

NA – não se aplica, valendo a classificação para qualquer volume interno do equipamento.

(1) B – nesta categoria encontram-se todas as caldeiras que não se enquadram nas categorias A e C. Em função dessa categorização da NR 13, a união das 2 subcategorias B¹ e B² perfazem a categoria B, isto é: $B = B^1 \cup B^2$;

(2) Por comodidade, as faixas de pressão foram representadas com a notação matemática própria para intervalos reais.

Caldeiras elétricas são atendidas pela norma NBR 13203, norma que “fixa as condições exigíveis para realizar as inspeções de segurança de caldeiras estacionárias elétricas a vapor, bem como especifica as principais condições exigíveis nessas inspeções. Destina-se exclusivamente às caldeiras estacionárias elétricas, novas ou não, já instaladas. Não se aplica, em hipótese alguma, à inspeção de caldeiras durante a respectiva construção”.

Caldeiras aquotubulares são regidas pelas NBR 12177-2 e NBR 11096.

Caldeiras flamotubulares são cobertas pelas NRB 12177-1 e NBR 11096.

Os vasos de pressão estão classificados em cinco grupos de potencial de risco em dependência do produto P.V, onde P é a pressão máxima de operação em MPa e V é o volume geométrico interno em m³ (cf. NR 13, Anexo IV, subitem 1.2).

No Quadro 5, a seguir, estão grupos potenciais de risco para vasos de pressão. Nele está empregada a cômoda notação matemática dos intervalos reais nas faixas de P.V – quando da representação de faixas para aquele produto

Quadro 5 – Grupo potencial de risco

GRUPO	P.V (*)
	MPa
1	≥ 100
2	[30, 100)
3	[2,5, 30)
4	[1, 2,5)
5	(0, 1)

Fonte: NR 13.

Legenda: (*) [P] = MPa absoluta (ou manométrica + atmosférica), [V] = m³, com P.V > 0 (pois P \geq 0 e V > 0).

O Anexo IV da NR 13 procede à classificação dos fluidos contidos em vasos de pressão em quatro classes: A, B, C e D (cf. subitem 1.1 do mesmo anexo), o que está mostrado no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 – Classe de fluido

CLASSE	FLUIDOS
A	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fluido inflamável, combustível com temperatura ≥ 200 °C; 2. Tóxico com limite de tolerância ≤ 20 ppm; 3. Hidrogênio; 4. Acetileno.

B	1. Combustível com temperatura < 200 °C; 2. Tóxico com limite de tolerância > 20 ppm.
C	1. Vapor de água, gás asfixiante simples, ar comprimido.
D	1. Outro fluido.

Fonte: NR 13, Anexo IV, subitem 1.3.

Os vasos de pressão são categorizados em função do par (classe de fluido, grupo potencial de risco) em uma das 5 categorias I, II, III, IV e V, cf. está mostrado no Quadro 7.

Quadro 7 – Categorias de vasos de pressão pela NR 13

CLASSE DE FLUIDO (1)	GRUPO POTENCIAL DE RISCO (2)				
	1	2	3	4	5
A	I	I	II	III	III
B	I	II	III	IV	IV
C	I	II	III	IV	V
D	II	III	IV	V	V

Fonte: NR 13, Anexo IV, subitem 1.3.

Legenda:

(1) Classe de fluido em conformidade ao Quadro 6;

(2) Grupo potencial de risco em conformidade com a Quadro 5.

Tais categorias devem ser pintadas no costado dos equipamentos de modo legível para propiciar facilidade de leitura para aqueles que trabalham na área industrial nas proximidades. Tal identificação deve acontecer para cada equipamento mecânico estático categorizado pela NR 13.

DOMÍNIO DE APLICAÇÃO DA NR 13

No item 1 do Anexo III da revisão 4 de 1995 da NR 13 está definido o seu domínio de aplicação, que está colocado no Quadro 8 para tornar mais cômodo o seu emprego.

Quadro 8 – Condições para aplicação e não aplicação da NR 13

EQUIPAMENTO	CONDIÇÃO	APLICA-SE?
Vaso (permutadores de calor, evaporadores e similares; vasos de pressão ou partes sujeitas a chama direta fora da abrangência de outras NR ou do subitem 13.1 da NR 13; vasos de pressão encamisados, incluindo refervedores e reatores; autoclaves e caldeiras de fluido térmico que não o vaporizem; vasos contendo fluidos da classe A, conforme Quadro 6.	$P.V > 8$, com [P] = kPa abs. e [V] = m ³	Sim
Vaso	$P.V \leq 8$	Não

Fonte: NR 13, anexo IV, subitem 1.3.

Para a situação de não aplicação da NR 13, o Quadro 9 guarda similaridade ao Quadro 8.

Quadro 9 – Equipamentos em que a NR 13 não deve ser aplicada

EQUIPAMENTO	CONDIÇÃO
“a) cilindros transportáveis, vasos destinados ao transporte de produtos, reservatórios portáteis de fluido comprimido e extintores de incêndio; b) cilindros destinados à ocupação humana; c) câmara de combustão ou vasos que façam parte integrante de máquinas rotativas ou alternativas, tais como bombas, compressores, turbinas, geradores, motores, cilindros pneumáticos e hidráulicos e que não possam ser caracterizados como equipamentos independentes; d) dutos e tubulações para condução de	NA

fluido; e) serpentinas para troca térmica; f) tanques e recipientes para armazenamento e estocagem de fluidos não enquadrados em normas e códigos de projeto relativos a vasos de pressão; g) vasos com diâmetro inferior a 150 mm para fluidos das classes B, C, D”, conforme Quadro 6.	
--	--

Fonte: NR 1, Anexo IV, subitem 1.3.

Legenda:

NA – não se aplica.