

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Alexandre de Camargo**

**FATORES QUE INTERFEREM NA CALIBRAÇÃO DAS  
VÁLVULAS DE SEGURANÇA PARA SISTEMAS DE VAPOR:**

**Norma regulamentadora N° 13 – Caldeiras e vasos de pressão**

**Taubaté – SP**

**2011**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Alexandre de Camargo**

**FATORES QUE INTERFEREM NA CALIBRAÇÃO DAS  
VÁLVULAS DE SEGURANÇA PARA SISTEMAS DE VAPOR:**

**Norma Regulamentadora N° 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. João Alberto Bajerl.

**Taubaté-SP**

**2011**

**ALEXANDRE DE CAMARGO**

**FATORES QUE INTERFEREM NA CALIBRAÇÃO DAS VÁLVULAS DE  
SEGURANÇA PARA SISTEMAS DE VAPOR:**

**NORMA REGULAMENTADORA N° 13 – CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

No seu trabalho atenção...

Tenha esse conselho em mente,

pois qualquer desatenção...

pode causar acidente...

(Tio Hominho)

À memória do meu tio (Hominho), que sempre me incentivou a pensar e a estudar; a minha mãe (Maria de Fátima) por ser grande mulher, “saber tudo” e estar sempre ao meu lado em todos os momentos; a minha companheira (Aline) pelo carinho e entendimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos professores Carlos Alberto Guimarães Garcez e João Alberto Bajerl por todo conhecimento que me foi transferido, desde o primeiro dia de aula. Meu agradecimento também a minha querida madrinha professora Iná Brasília de Araújo que com bondade e carinho me ajudou na correção ortográfica desta obra.

## RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de mostrar os diversos tipos de avaria, manejo e fenômenos operacionais que influenciam na calibração das válvulas de segurança. A calibração das válvulas de segurança previne indesejáveis aumentos de pressão além dos limites do equipamento, protegendo os trabalhadores, a comunidade, o meio ambiente e as indústrias que utilizam sistemas a vapor em seu processo. Muitas válvulas não falham ou não apresentam problemas de mau funcionamento, porque não são solicitadas quando estão em operação, gerando a falsa impressão de que estão cumprindo eficazmente a sua importante função de proteção. Aparentemente, as válvulas de segurança podem estar em bom estado, mas testes de simulação em bancada podem verificar que estas não estão funcionando em um nível seguro capaz de reduzir suficientemente a pressão do sistema, necessitando então de ajustes, manutenção ou mesmo a troca de componentes.

Palavras chaves: Válvula de Segurança. Calibração. Pressão. Proteção. Trabalhadores.

## **ABSTRACT**

The present work has the purpose of showing the several mishap types, handling and operational phenomena that you/they influence in the calibration of safety's valves. The calibration of safety's valves prevents undesirable pressure increases besides the limits of the equipment, protecting the workers, the community, the environment and the industries that use systems to steam in his/her process. A lot of valves don't fail or they don't present problems of bad operation, because they are not requested when they are in operation, generating the false impression that you/they are accomplishing his/her important protection function efficiently. Seemingly safety's valves can be in good state, but simulation tests in bench, they can verify that these are not working at a safe level capable to reduce the pressure of the system sufficiently, needing adjustments then, maintenance or even the change of components.

**Keywords:** Valve of Safety. Calibration. Pressure. Protection. Hard-working.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Válvula de segurança montada	19
Figura 2 Válvula de segurança montada	19
Figura 3 Instalação das válvulas de segurança nos sistemas à vapor	23
Figura 4 Identificação e manuseio correto da válvula de segurança	24
Figura 5 Componentes e acessórios da válvula de segurança	28
Figura 6 Bancada de teste para calibração de válvula de segurança	31
Figura 7 Bancada de teste para calibração de válvula de segurança	32

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Componentes e acessórios da válvula de segurança	29
Quadro 2 Tolerância para a pressão de abertura da válvula de segurança	31
Quadro 3 Causas e soluções do <i>'chattering'</i>	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1 Objetivo	11
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>12</b>
2.1 Histórico das Válvulas de Segurança	12
2.2 Histórico das Válvulas de Segurança - National Board e ASME	13
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>19</b>
4.1 Descrição do Equipamento	19
4.2 Característica Básica de Operação	20
4.3 Causas Específicas de Deterioração e Avarias	20
4.3.1 Corrosão	20
4.3.2 Superfícies de assentamento danificadas	21
4.3.3 Molas quebradas	21
4.3.4 Ajuste inadequado	22
4.3.5 Entupimento e emperramento	22
4.3.6 Especificação incorreta de materiais	22
4.3.7 Instalação inadequada	22
4.3.8 Manuseio descuidado	24
4.3.9 Utilização incorreta	25
4.4 Preparativos gerais para calibração da válvula de segurança	25
4.4.1 Preparativos para inspeção externa no campo	25
4.4.2 Preparativos para calibração de teste em bancada	26
4.4.3 Lista de equipamentos e materiais para calibração	26
4.4.4 Procedimentos para inspeção da parte interna e externa da válvula de segurança	27
4.5 Calibração	31
4.5.1 Bancada de calibração conforme procedimentos da Petrobrás	32
4.5.2 Fenômenos operacionais das válvulas de segurança	33
4.5.3 Fórmula de dimensionamento da válvula de segurança	35
4.5.4 Periodicidade de calibração segundo normas	35
4.6 Nomenclatura	37
<b>5. CONCLUSÃO</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>39</b>

**Ficha catalográfica elaborada pelo  
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

A994s Azevedo Junior, João Uirá de  
Segurança no transporte rodoviário de explosivos / João Uirá de  
Azevedo Junior. - 2011.  
30f. : il.

Monografia (especialização) - Universidade de Taubaté,  
Departamento de Engenharia Civil, 2011.  
Orientação: Prof. João Alberto Bajerl, Departamento de Engenharia  
Civil.

1. Trabalho com explosivos. 2. Transporte de explosivos.  
3. Transporte rodoviário. 4. Detonação de explosivo. I. Título.

## 1 INTRODUÇÃO

A calibração das válvulas de segurança de sistemas de vapor é muito importante para a proteção dos trabalhadores de caldeiras, pois quando há um aumento de pressão além dos limites, ela é acionada, avisando que alguma coisa está fora do normal.

Desta forma, a questão da responsabilidade das empresas em fazer os testes das válvulas de segurança em bancada, diz respeito à prevenção de acidentes, porque as válvulas de segurança em seu processo normal de trabalho, não acionam, gerando a falsa impressão que estão operando com eficácia. E quando as válvulas de segurança defeituosas pertencentes a um sistema de vapor contendo alta pressão não abrem quando são exigidas, pode gerar uma enorme explosão, causando um sinistro irreparável.

Assim, este trabalho apresenta as melhores técnicas para calibrar válvulas de segurança para sistemas à vapor, bem como os diversos tipos de avaria, manejo e fenômenos operacionais que influenciam em sua calibração.

O trabalho está composto por cinco capítulos, distribuídos da seguinte forma:

No primeiro capítulo foram feitas as considerações gerais, onde é abordada a importância de se calibrar devidamente as válvulas de segurança para os sistemas de vapor.

No segundo capítulo é apresentada a revisão histórica das válvulas de segurança.

No terceiro capítulo é mostrado o método e os procedimentos utilizados na pesquisa.

No quarto capítulo mostram as funções deste dispositivo, bem como os procedimentos de calibração, interpretação dos fenômenos físicos operacionais que ocorrem no trabalho deste equipamento, inspeção externa e interna e avaliar as avarias das válvulas descalibradas.

Por fim, são feitas as considerações finais.

### 1.1 Objetivo

Mostrar as melhores técnicas para calibração de válvulas de segurança para sistemas de vapor no ambiente de trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Histórico das Válvulas de Segurança

Válvula de segurança é um dispositivo de alívio de pressão que existe desde 1682, quando foi inventada pelo francês Denis Papin. O modelo inventado funcionava com um sistema de contrapeso, onde um peso ao ser movimentado ao longo de uma alavanca alterava a pressão de ajuste (RODRIGUES, 2010).

No começo da Revolução Industrial, quando o homem tentava compreender a energia e controlar o seu confinamento, ocorreram inúmeras mortes e grandes perdas materiais. Exemplo é que os primeiros geradores utilizados na indústria naval, a vapor, explodiram 66 vezes consecutivas com várias vítimas. Naquela época, ocorriam tragédias diárias devido a explosões de caldeiras para aquecimento domésticos, inclusive porque o controle dessas pressões era basicamente manual, dependia operacionalmente do homem e, conseqüentemente, estava sujeito a falha humana (MATHIAS, 2010).

Em 1848, o inglês Charles Ritchie foi o primeiro a introduzir um meio de aproveitar as forças expansivas do fluido para aumentar o curso de abertura do disco de válvula. Este nada mais era do que um lábio em volta da área de vedação do bocal, porém, era fixo. Hoje, no lugar desse lábio, existe o anel do bocal, uma peça rosqueada usada para variar a força de abertura da válvula (CROSBY, 2003).

Em 1863, Willian Naylor introduziu mais uma melhoria para aumentar o curso de abertura da válvula, aumentando a força reativa. Esta melhoria era um segundo lábio em volta do disco, e que hoje em dia é uma saia na face inferior do disco (CROSBY, 2003).

As válvulas modernas utilizam os princípios de projeto de ambos para aproveitar as forças reativas e expansivas do fluido de processo para alcançarem o curso máximo e conseqüentemente a vazão máxima (MATHIAS, 2010).

A válvula de contrapeso, devido a sua falta de precisão, foi responsável por diversas explosões de caldeiras e vasos de pressão e, conseqüentemente, perdas de vidas. A partir de 1927, o Código ASME, seção I, não permitiu que fossem instaladas válvulas de contrapeso em caldeiras (PAIXAO, 1999).

Somente a partir de 1869 é que foi inventada a válvula de segurança tipo mola a partir do projeto de dois americanos, George Richardson e Edward H. Ashcroft (PAIXAO, 1999).

Entre os anos de 1905 e 1911, houve na região da Nova Inglaterra, nos Estados Unidos, aproximadamente 1700 explosões de caldeiras, o que resultou na morte de 1300 pessoas (PAIXÃO, 1999).

Perto de 1908, alguns Estados e Municípios começaram a promulgar Leis e Ordens para regular a construção, instalação e operação de caldeiras e vasos de pressão. Os requisitos variavam enormemente. A necessidade de um conjunto padrão de regras, aceitável a todos, pelo menos a princípio, fornecendo um razoável fator de segurança, tornou-se muito evidente (RODRIGUES, 2010).

Em função disso, em 1911, a ASME criou um Comitê para formular tal conjunto de regras padrão. Os primeiros frutos desse Comitê apareceram em 1914, com a distribuição do Código de Caldeiras ASME, Seção I, para vasos de pressão submetido a fogo (caldeiras) (RODRIGUES, 2010).

Esta seção do código tornou-se uma exigência obrigatória em todos os estados dos Estados Unidos que reconheceram a necessidade por um regulamento. Foi publicada então em 1914 e formalmente adotada na primavera de 1915 (MATHIAS, 2010).

Existem normas e padrões reconhecidos mundialmente que descrevem regras e procedimentos quanto ao projeto, dimensionamento, inspeção e instalação de válvulas de alívio e/ou segurança em caldeiras e processos industriais (MATHIAS, 2010).

## 2.2 Histórico das Válvulas de Segurança e Alívio – NATIONAL BOARD e ASME

Em 1898, um pequeno livro por Richard H. Buel, intitulado “Válvulas de Segurança” foi publicado pelas séries de ciência de Van Nostrand. Este livro discutia válvulas de segurança em geral e devotou muitas páginas na determinação de comprimentos de alavanca e pesos, para chegar aos requisitos de pressão de ajuste em uma dada válvula (PAIXAO, 1999).

Em 1909, o Sr. A.B. Carhart em uma publicação de um estudo da ASME preparado pela Crosby Stean and Valve Company, fazendo referência a uma patente do Sr. Richardson datada de 19 de janeiro de 1869. Em parte, a patente descreve os princípios de operação de uma válvula de “pop” de assentamento chanfrado. A apresentação do Sr. Carhart’s também referência um panfleto governamental de 1875 preparado por um comitê especial da Board of Supervising Inspectors of Steel Vessels (PAIXAO, 1999).

A reportagem envolve testes conduzidos em válvulas por vários fabricantes onde as pessoas, representando estas válvulas, foram liberadas para ajustá-las quanto à pressão, alimentação e qualquer deficiência existente e depois informar ao Comitê quando estivessem

prontos para um teste. Continuando, a reportagem indica que “na maior parte das vezes” as válvulas tiveram que ser reajustadas, após serem apresentadas para teste. A ação das válvulas de segurança de “pop” e os méritos dos multiplicadores de força, para adicional levantamento contra passagem livre nos assentos chanfrados, sem obstrução, escapando para a atmosfera, foram também discutidos (PAIXAO, 1999).

Em uma reunião da ASME, em Nova York, em 23 de fevereiro de 1909, o Sr. P.G. Darling discutiu a “capacidade de válvula de segurança”. Ele conduziu testes para determinar curso e capacidade, e observa que “todas as primeiras regras e fórmulas são de um tipo que avalia todas as válvulas com uma dada bitola nominal da mesma capacidade”. Ele apontou que os resultados indicam cursos e capacidade que variam até 300%, em diferentes válvulas fabricadas com a mesma bitola e mesma condições, portanto ele apresentou um regra incorporando o curso (PAIXAO, 1999).

Na mesma reunião da ASME, o Sr. Carhart apresentou “alguns princípios do projeto de válvulas de segurança”. Ele discutiu a importância das molas e do seu projeto, que tem sido considerado como um detalhe de pouca importância, fabricado sem um conhecimento exato ou estudo, utilizando um costume geral ou uso que pareceu satisfatório no passado e fazendo-o tão bem quanto das dimensões convenientemente utilizadas nas válvulas visando, primeiramente, à economia de material, a atendimento de proporções e graduações uniformes de bitola, deste modo forçando as dimensões das molas para largas faixas de pressão para ir para dentro do mesmo corpo ou fundido (PAIXAO, 1999).

Em 1913, A.B. Carhart apresentou um documento “Ajustes das Válvulas de Segurança”, onde ele discutiu as então presentes regras e propôs outras. Suas novas regras recomendavam que o curso apropriado para cada dimensão de válvulas e pressão de caldeira fosse fixado empiricamente, e que os correspondentes valores limites da descarga de vapor ou evaporação da caldeira e as áreas de grelhas ou superfícies de aquecimento fossem tabeladas (PAIXAO, 1999).

A primeira edição do Código ASME, em 1914, foi a primeira vez em sua história em que praticamente todos os fabricantes das válvulas de segurança concordavam com uma especificação uniforme para seus produtos que poderia ser melhor para a segurança pública. Entretanto, houve críticas dos usuários e inspetores de que era muito pesado e complicado (CROSBY, 2003).

Esta edição forneceu uma tabela para a determinação da bitola de uma válvula requerida e uma equação no apêndice para o cálculo dos valores não fornecidos na tabela. Ela foi baseada, em parte, no combustível consumido e no valor de combustão. A equação

também continha um número para o calor latente de vaporização e o coeficiente de descarga foi baseado na equação de Napier. Não eram necessários testes de vazão nem estavam sequer envolvidos na equação. A capacidade da válvula devia ser tal que evitasse que a pressão subisse mais que 6% acima da máxima pressão de trabalho permissível (CROSBY, 2003).

A edição de 1914 também forneceu alguns requisitos para projeto, incluindo a exigência de uma válvula de ação “pop”, atuada por mola, com um assento, e também, a superfície de encosto do disco em um ângulo de aproximadamente 45 graus ou plano, com 90 graus da linha de centro da haste (CROSBY, 2003).

De acordo com Rodrigues (2010) havia a exigência de um máximo diferencial de alívio e três métodos eram fornecidos para checar a capacidade. Estes eram:

- Fazendo um teste de acumulação;
- Medindo a máxima quantidade de combustível que podia ser queimada e computando a capacidade de evaporação correspondente;
- Determinando a máxima capacidade de evaporação medindo a água da alimentação.

Em dezembro de 1916, George H. Clark apresentou na reunião da ASME um documento “Válvula de Segurança para Vapor”, onde apresentava um esboço das considerações teóricas que dirigem a ação das válvulas de curso longo e curto. O documento também introduziu o conceito de projeto de anel duplo (RODRIGUES, 2010).

No ano de 1927, os trabalhos indicaram que a válvula de peso morto ou de alavanca pesada, não deve ser usada. A capacidade máxima para as válvulas era 3% acima do ajuste, enquanto a válvula era para evitar que a pressão aumentasse mais que 6% acima da máxima pressão admissível de trabalho do vaso (CROSBY, 2003).

A National Board apresentou um artigo, em 17 de janeiro de 1936, envolvendo alguns destes resultados e os seus membros decidiram requerer de todos os fabricantes de válvulas, para uso em estados e cidades que tivessem sócios na National Board, que fabricassem de acordo com as regras do Código, e também que cumprissem certas exigências de teste. Esta ação foi de tal importância que um comitê especial foi nomeado para cooperar com a National Board na consideração das revisões do Código. Isto foi a formação do Comitê Especial das Exigências para Válvulas de Segurança – ‘*Special Committee on Safety Valve Requirements*’, com o Sr. H.B. Oatley como presidente (CROSBY, 2003).

Na edição de 1937, na secção I, do código de caldeiras de energia, exigiu os testes de três bitolas representativas de cada projeto para três diferentes pressões. 90% da capacidade obtida era para ser creditada à válvula. Estes testes deviam ser conduzidos e certificados por

um inspetor do estado, um inspetor municipal ou um inspetor regularmente empregado por uma companhia de segurança autorizado a assegurar caldeiras contra explosão nos estados e municípios que haviam adotado o Código (CROSBY, 2003).

Essa edição chamou também a atenção para o Código do Símbolo “V”, estampado nas válvulas que seguiam as exigências do Código. A tolerância do ponto de abertura foi estabelecida como mais ou menos 2 lbs para pressões abaixo de 70 lbs, 3% para pressões de 71 a 300 lbs para pressões acima de 300 lbs (RODRIGUES, 2010).

A edição de 1940 chamava atenção para a determinação de um coeficiente de descarga médio, para nove válvulas testadas, e o uso deste valor na determinação da capacidade de alívio. A capacidade de alívio estampada na válvula não deveria exceder 90% do valor do teste testemunhado. A Secção sobre caldeiras de aquecimento de baixa pressão agora possui exigências iguais às da secção de caldeiras de força (RODRIGUES, 2010).

Como resultado do trabalho desenvolvido pela National Board na Universidade do Estado de Ohio, um Boletim n° 110 da Engineering Experiment Station foi publicado em 1942, intitulado “Vazão de Vapor em Válvulas de Segurança”, de autoria de Eugene K. Falls como um apoio a sua tese de doutorado. Esta era a primeira publicação tratando da vazão em válvulas de segurança, e foi utilizada por várias companhias e indivíduos procurando um entendimento básico da operação de uma válvula de segurança. Seguiu-se a tese “Testando Válvulas de Segurança” por E.K Falls e José Ramirez (RODRIGUES, 2010).

Forçada por algumas sérias perdas em “caldeiras de aquecimento de água quente”, no início dos anos 40, a National Board patrocinou um programa de dispositivos de segurança de pressão em caldeiras de aquecimento, na Universidade do Estado de Ohio, no início de 1946. Das várias válvulas de segurança, para água quente, testadas neste programa de pesquisa foi observado que somente um limitado número delas poderia proteger um sistema de aquecimento com água quente de uma sobrepressão excessiva. Como resultado deste programa de pesquisa foi concluído, que, até que pesquisa básica seja conduzida em vazão de água quente saturada através de um orifício, como usado no projeto de válvulas de segurança, estas válvulas de segurança, para água quente, devem ser classificadas quanto à capacidade de vazão usando vapor como meio de teste. Os resultados deste programa de pesquisa foram apresentados em um revisão de 1949 (RODRIGUES, 2010).

Em 20 e 21 de março de 1951, em Columbus, Ohio, houve uma reunião de dois dias, com a National Board, professor Paul Bucher, da Universidade do Estado de Ohio, representantes dos fabricantes de válvulas de controles e membros do Comitê de Válvulas de Segurança do Comitê do Código de Caldeiras. Esta reunião levou aos métodos atuais de testar

válvulas de segurança quanto à capacidade e subsequente classificação (RODRIGUES, 2010). Estes métodos são:

- Avaliar válvulas de uma certa bitola e ajuste de pressão;
- Traçar uma curva da capacidade X acumulação de pressão para válvulas de uma capacidade e vários ajustes de pressão;
- Coeficiente de descarga.

Em 1956, a estampagem do Código do Símbolo “UV” tornou-se obrigatória para as válvulas de segurança e alívio da secção VII. Ao mesmo tempo a equação de Napier tornou-se a base para a vazão de vapor teórica. No verão de 1959 o Comitê Especial de Exigências para Válvulas de Segurança tornou-se o Subcomitê de exigências para válvulas de segurança (RODRIGUES, 2010).

Em 1972, a secção VII de Vasos de Pressão, foi alterada para incluir um método de classificação de válvulas de alto coeficiente e bocal totalmente aberto, em líquidos saturados. O método proposto foi desenvolvido em partes da fase final do trabalho de pesquisa na Universidade do Estado de Ohio, patrocinado pela National Board. O testes deram suporte de evidencia aos procedimentos de cálculo até os dias de hoje (RODRIGUES, 2010).

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada para elaboração deste trabalho está baseada em pesquisas bibliográficas, livros técnicos, revistas, 'sites' especializados na 'internet' e experiência profissional do autor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Descrição do Equipamento

Válvula de segurança é um dispositivo auto operado, que utiliza a energia do próprio fluido que controla para sua operação, ou seja, não depende de outras interferências para seu funcionamento (MATHIAS, 2010).

De acordo com Rodrigues, 2010 as válvulas de segurança, em princípio, devem atender três funções básicas, com eficiência e confiabilidade:

- Abrir a uma pressão pré-determinada;
- Descarregar o volume necessário previsto em seu dimensionamento, dentro da sobre pressão permitida;
- Reassentar dentro do diferencial de alívio permitido, de acordo com o ajuste estabelecido.



Figura 1 Válvula de segurança montada

Figura 2 Válvula de segurança desmontada

Fonte: RODRIGUES, 2010.

Fonte: RODRIGUES, 2010.

## 4.2 Característica Básica de Operação

Em operação normal, a válvula permanece fechada devido à ação da mola que mantém o disco pressionado contra o bocal. No momento em que a força resultante da pressão do sistema sobre a área do disco se equilibra com a força da mola, ocorre escape de fluido compressível para câmara formada pelo bocal, anel de regulagem e suporte do disco. Esse vazamento promove uma força adicional, não equilibrada pela força da mola, que provoca a rápida elevação do disco (disparo ou POP). Após o alívio da pressão a válvula irá fechar em valor menor daquele que provocou a abertura (GAZINI; PRADO, 2002).

## 4.3 Causas Específicas de Deterioração e Avarias

### 4.3.1 Corrosão

Praticamente todos os tipos de corrosão podem estar presentes numa instalação industrial e são as causas básicas de muitas das dificuldades encontradas. A corrosão geralmente provoca depósitos que interferem no funcionamento das partes móveis, quebra de várias partes ou uma deterioração generalizada dos materiais da válvula (GAZINI; PRADO, 2002).

De acordo com Rodrigues (2010) o ataque corrosivo pode ser eliminado ou reduzido, adotando-se as seguintes medidas:

- Melhorar a vedação para evitar a circulação de fluido corrosivo nas partes superiores da válvula;
- Melhorar a vedação utilizando válvula com anel O;
- Especificar válvulas com fole para isolar a parte superior da válvula;
- Melhorar a especificação dos materiais;
- Aplicar pintura ou revestimento anticorrosivo;
- Instalar disco de ruptura em série com a válvula.

#### 4.3.2 Superfícies de assentamento danificadas

De acordo com Rodrigues (2010) as superfícies de assentamento devem ser mantidas planas, polidas e centralizadas para se obter perfeita vedação, caso contrário poderá ocorrer vazamento. As causas de danos nessas superfícies são:

- Corrosão: a presença de marcas de corrosão nas superfícies de assentamento possibilita a passagem de fluido e conseqüente agravamento dos danos.
- Partículas estranhas: carepa, rebarba de solda ou escória, depósitos corrosivos, coque ou sujeira entram na válvula e passam através dela quando abre. Essas partículas podem danificar as superfícies de assentamento e destruir o perfeito contato necessário para a vedação. Os danos podem acontecer tanto em operação quanto nos testes. Eventualmente pode ocorrer polimerização de fluidos que vazam e se depositam nas superfícies de assentamento.
- Batimento: é o fenômeno provocado por tubulação muito longa ou por obstrução e restrições a montante da válvula. A pressão estática atuando na válvula é suficiente para abri-la. No entanto, assim que o fluxo se estabelece, a perda de carga da linha de entrada é tão grande que a pressão atuando no disco diminui e a válvula fecha. O ciclo de abertura e fechamento pode continuar repetidamente, as vezes de forma intensa, o que resulta numa ação de batimento que danifica seriamente as superfícies de assentamento, em alguns casos sem a possibilidade de reparo. Outras causas de batimento são: superdimensionamento da válvula, fluxo bifásico, perda de carga excessiva na tubulação de descarga e ajuste inadequado do anel de regulação. O manuseio descuidado da válvula ou de seus componentes, provocando quedas, pancadas ou arranhões.

#### 4.3.3 Molas quebradas

São quase sempre ocasionadas por algum tipo de corrosão. As avarias em molas dependem do tipo e agressividade do agente corrosivo, do nível de tensão na mola e do tempo. Onde a corrosão prevalece, a corrosão pode ser por proteção anticorrosiva da mola (com material que resista ao meio corrosivo e seja suficientemente dúctil para flexionar com a mola), pela especificação de um material que resista mais satisfatoriamente à corrosão ou pelo uso de fole que isole a mola (GAZIN; PRADO, 2002)

#### 4.3.4 Ajuste inadequado

Ocorre por uso de equipamentos impróprios ou falta de conhecimento sobre os ajustes exigidos. A utilização de manuais de fabricantes pode ajudar a eliminar estas deficiências. Manômetros descalibrados são causa frequente de ajuste inadequado. Para garantir precisão é necessário calibrar regularmente os manômetros da bancada de teste. O ajuste dos anéis de regulagem frequentemente é mal compreendido. Como é praticamente impossível ajustar os anéis de regulagem na bancada de teste, recomenda-se calibrar a válvula para pressão de ajuste, e em seguida regular os anéis segundo as recomendações do fabricante (MATHIAS, 2010).

#### 4.3.5 Entupimento e Emperramento

Resíduos de manutenção que não foram removidos, podem provocar incrustações ou em casos extremos entupir a entrada ou saída da válvula. O emperramento pode ocorrer também devido ao desalinhamento do disco, limpeza mal feita das superfícies de guia, usinagem do suporte do disco ou da guia fora dos limites de tolerância e arranhões nas guias (MATHIAS, 2010).

#### 4.3.6 Especificação incorretas de materiais

A especificação de materiais para determinado serviço é ditada pelos requisitos de temperatura, pressão e corrosão do fluido na válvula, e pelas condições ambientais a que a válvula está exposta. A seleção de materiais padronizados dentro desses limites é normalmente possível. Há ocasiões, entretanto em que corrosão severa ou condições pouco usuais de pressão e temperatura requerem consideração especial, e nestes casos, os fabricantes devem fornecer materiais que resistam a essas condições especiais de serviço (PAIXAO, 1999).

#### 4.3.7 Instalação inadequada

A válvula perde sua finalidade, se não for instalada no local exato para o qual foi projetada. Para evitar erros na instalação, deve-se estabelecer um sistema rígido de controle

que evite trocas nas posições das válvulas. As normas de projeto da instalação exigem que as válvulas tenham uma placa de identificação, e que nesta placa conste a localização (Tag) da válvula (PAIXAO, 1999).

A válvula pode apresentar problemas quando não é corretamente montada. A montagem obrigatoriamente deve ser feita na posição vertical, com a haste para cima. As tubulações a montante e jusante devem ser adequadamente projetadas e suportadas para evitar que tensões devido ao peso próprio ou dilatação térmica causem danos aos internos ou desempenho inadequado da válvula (RODRIGUES, 2010).

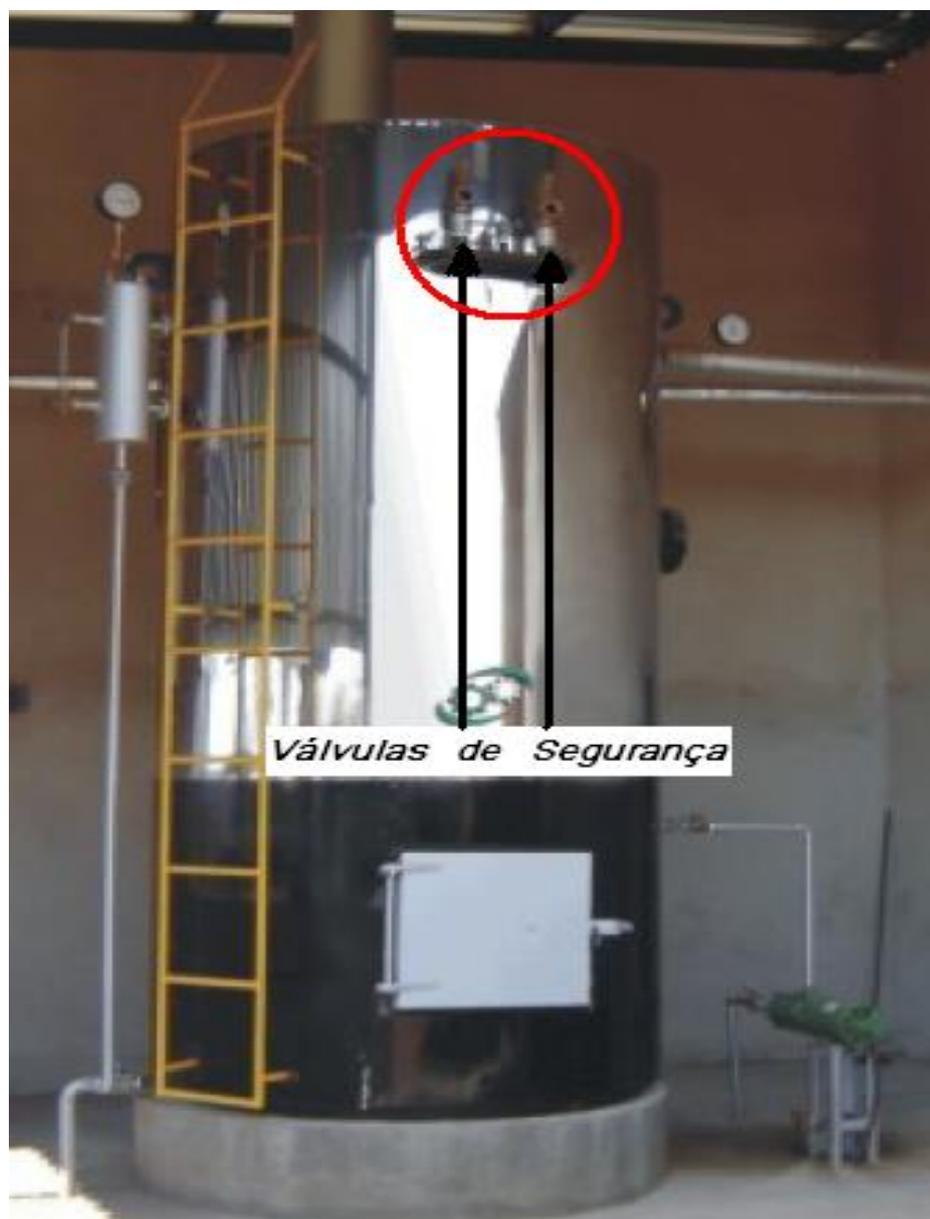


Figura 3 Instalação das válvulas de segurança nos sistemas à vapor

Fonte: Autor, 2011.

#### 4.3.8 Manuseio descuidado

De acordo com Rodrigues (2010) um manuseio descuidado pode afetar a calibração da válvula, destruir sua estanqueidade e alterar o desempenho na bancada de teste, ou provocar vazamento excessivo em operação se a válvula já foi testada.

Este problema pode ocorrer no transporte, devido à impressão de construção robusta, as válvulas de segurança podem não ser tratadas com cuidado. Na verdade são equipamentos sensíveis que devem ser transportados somente na posição vertical e com muito cuidado, sendo proibido o transporte pela alavanca de teste. Devem também ser protegidas contra entrada de sujeira e partículas estranhas que danifiquem a superfície de vedação (RODRIGUES, 2010);



Figura 4 Identificação e manuseio correto da válvula de segurança

Fonte: Autor, 2011.

Pode ocorrer também na manutenção, durante todas as fases da mesma, deve-se manusear cuidadosamente a válvula, mantendo-a limpa e perfeitamente alinhada. Após a liberação da válvula, devem-se proteger as conexões de entrada e saída; e por fim na instalação, devem-se evitar quedas ou impactos na válvula. Válvulas pesadas devem ser movimentadas com equipamento apropriado (MATHIAS, 2010).

#### 4.3.9 Utilização incorreta

A válvula de segurança é exclusivamente um dispositivo para segurança, nunca pode ser utilizada para controlar a pressão de operação (GAZINI; PRADO, 2002).

A válvula pode sofrer dano se for usada de modo incorreto. Há sério risco de empenamento da haste, caso se acione a alavanca com pressão abaixo de 75% da pressão de abertura da válvula, se forem feitas tentativas de forçar o fechamento de uma válvula que está aberta ou apresenta vazamento, ou se for apertada excessivamente a trava (CROSBY, 2003).

#### 4.4 Preparativos gerais para inspeção da válvula de segurança

De acordo com Rodrigues (2010) os preparativos gerais para inspeção são:

- Verificar e analisar o histórico da válvula;
- Verificar se existem recomendações anteriores;
- Verificar a folha de especificação da válvula;
- Verificar os dados técnicos do fabricante;
- Verificar quais são os equipamentos e instrumentos necessários ao serviço a realizar.

##### 4.4.1 Preparativos para inspeção externa no campo

De acordo com Rodrigues (2010) os preparativos para inspeção externa no campo são:

- Verificar junto ao setor operacional ou de segurança industrial a liberação do acesso ao equipamento para inspeção;
- Verificar se as condições de acesso e iluminação são suficientemente seguras e adequadas ao serviço a realizar;

- Verificar quais os equipamentos de proteção individual indicados para aquela condição de risco.

#### 4.4.2 Preparativos para calibração de teste em bancada

De acordo com Rodrigues (2010) os preparativos para calibração de teste em bancada são:

- Verificar se os manômetros estão calibrados e dentro do prazo de validade;
- Verificar se a faixa de pressão a ser utilizada no manômetro se situa entre 25% e 75% da escala.
- Verificar se os manômetros têm precisão de no mínimo 1% do final de escala;
- Verificar se as condições ergonômicas e de segurança são adequadas;
- Verificar se as condições de iluminação são adequadas.

#### 4.4.3 Lista de equipamentos e materiais de inspeção

De acordo com Rodrigues (2010) lista de equipamentos e materiais de inspeção são:

- EPI (Equipamento de proteção individual);
- Material para anotações e/ou formulários;
- Alicates de lacre, lacre e arame;
- Escova de aço manual, espátula, estilete e lixa;
- Espelhos com suporte e extremidade flexível;
- Marcador industrial, giz;
- Material para execução de END ( Ensaios não destrutivos: teste por pontos, líquidos penetrantes, partículas magnéticas );
- Luminária e lanterna;
- Paquímetro e trena;
- Lupa, telelupa;
- Máquina fotográfica;
- Pano de limpeza e solvente.

#### 4.4.4 Procedimentos para inspeção da parte interna e externa da válvula de segurança

A inspeção externa deverá ser efetuada no prazo máximo de um ano, ou sempre que se verificar alguma irregularidade que possa interferir na atuação normal da válvula de segurança (MATHIAS, 2010).

De acordo com Crosby (2010) a inspeção externa é uma verificação em serviço das válvulas de segurança para garantir que:

- A válvula não apresenta vazamento;
- O prazo de inspeção interna não foi excedido;
- A válvula foi instalada no local correto e possui plaqueta de identificação;
- Não existem travas, raquetes, ou quaisquer obstruções que vão impedir o funcionamento adequado da válvula;
- Os lacres não estão rompidos;
- Não há ocorrência de vazamentos nas juntas e conexões. Sempre que uma válvula abrir em serviço, ela deve ser verificada quanto a vazamento e possíveis danos causados por vibração;
- As alavancas estão em condições de atuar e corretamente posicionadas;
- Manômetros instalados entre as válvulas e disco de ruptura estão devidamente calibrados e indicando que não há pressão entre os dois dispositivos;
- Drenos no corpo da válvula e na linha de descarga estão abertos;
- A realização da inspeção externa deve ser registrada em um sistema de controle.

De acordo com Gazin e Prado (2002) a inspeção interna deverá ser efetuada no prazo máximo de um ano, ou sempre que se verificar alguma irregularidade que possa interferir na atuação normal da válvula de segurança.

De acordo com Rodrigues (2010) a inspeção é efetuada com as válvulas de segurança fora de operação, para garantir que funcionarão adequadamente e proporcionarão a proteção esperada. Deve-se seguir as seguintes etapas:

- Logo após a remoção das válvulas de segurança, deve-se inspecionar se à corrosão ou presença de depósitos no equipamento que possam interferir no funcionamento da válvula;

- Deve-se tomar as devidas precauções no manuseio, retirada e transporte da válvula. As conexões devem ser protegidas, e as válvulas transportadas cuidadosamente e sempre na posição vertical;
- Quando a válvula chegar na oficina deve-se verificar se existem depósitos de corrosão ou obstruções que vão impedir seu funcionamento correto;
- Antes de executar a desmontagem deve ser feito o teste inicial para determinar se o funcionamento da válvula é adequado. Verifica-se o valor da pressão de abertura, e se a válvula está fechando corretamente e com vedação aceitável, e a estanqueidade do fole, quando existente;
- Somente em condições excepcionais (incêndio, molas quebradas, obstrução total do bocal), em que ficar constatado que o teste não terá razão de ser executado, este poderá ser dispensado, desmontando-se a válvula pra manutenção;
- Quando a válvula comporta-se mal no teste inicial, deve-se proceder à desmontagem para manutenção;

				
CAPÔ	ALAVANCA	HASTE	ANEL SUP. DA HASTE	PARAFUSO DE REG. MOLA
				
PORCA TRAVA AJUSTE MOLA	PRATO DA MOLA SUPERIOR	MOLA	PRATO DA MOLA INFERIOR	ANEL DE APOIO DE PRATO DA MOLA
				
CONTRA-SEDE	GUIA CONTRA-SEDE	ANEL DE REGULAÇÃO	CORPO	BASE

Figura 5 Componentes e acessórios da válvula de segurança

Fonte: RODRIGUES, 2010.

- A desmontagem para manutenção é a prática mais segura e confiável, e excepcionalmente pode ser dispensada somente quando se atender simultaneamente as seguintes condições: a válvula apresenta-se limpa e sem indícios de corrosão; apresenta comportamento adequado no teste inicial; possui desempenho confiável comprovado por histórico de inspeção; as inspeções regulares são efetuadas em prazos iguais ou inferiores a um ano. Neste caso repete-se o teste de abertura por mais três vezes e libera-se a válvula pra instalação;
- Antes de desmontar, deve-se anotar as posições do parafuso de regulagem e dos anéis de regulagem;
- Após ser desmontada, deve ser feita a inspeção visual da válvula e seus componentes conforme a tabela:

<b>COMPONENTES E ACESSÓRIOS</b>	<b>INSPEÇÃO VISUAL</b>
Corpo, castelo e capuz	Verificar estado das superfícies quanto à corrosão e outras avarias; verificar superfícies roscadas; verificar condições de pintura externa e interna.
Bocal, disco e anéis de regulagem	Inspecionar superfícies de assentamento procurando determinar causas prováveis das avarias; verificar dimensões admissíveis; verificar estado das roscas.
Mola	Inspecionar visualmente quanto à corrosão e trincas; fazer testes de paralelismo e perpendicularismo; fazer teste de carga quando houver dúvida quanto ao desempenho adequado da mola; a mola e seus suportes devem ser mantidos como um único conjunto
Suportes e guia do disco	Verificar estado das superfícies e desgaste na guia; verificar folgas admissíveis.
Haste	Inspecionar quanto à empenamento, corrosão e desgaste.
Parafusos, porcas e plugues	Inspecionar roscas quanto à corrosão e desgaste.
Fole	Verificar se há furos, trincas ou deformações.

Quadro 1 Componentes e acessórios da válvula de segurança

Fonte: Rodrigues, 2010.

- Válvulas que apresentam desgaste acentuado ou estão sujeitas a mecanismos de deterioração anormal, devem ser inspecionadas através de ensaios não destrutivos;
- Após a conclusão de todas as etapas de inspeção, manutenção e testes, deve ser elaborado um relatório com todos os registros necessários para se controlar o desempenho da válvula;
- Caso necessário, recomendar reparos ou substituições para a próxima inspeção;
- Válvulas que são soldadas diretamente no equipamento protegido precisam ser testadas e inspecionadas no local. A verificação do funcionamento pode ser feita elevando-se a pressão no equipamento até a abertura da válvula, ou através da pressurização da linha à montante da válvula de segurança;
- Dispositivos especiais que elevam a haste por meios hidráulicos podem ser utilizados para verificação e ajuste da pressão de abertura de válvulas de segurança.

De acordo com Rodrigues (2010) se a válvula estiver em garantia, entrar em contato com o fornecedor e solicitar as devidas providências:

- Comunicar o fornecedor da válvula que será rompido o lacre pra subir o anel de regulagem pra teste da válvula na bancada.
- Executam-se os testes conforme os passos abaixo:
- Monta-se a válvula no dispositivo de teste para verificar a pressão de abertura, na presença do inspetor. Anotar a pressão em que a válvula abre;
- Se a válvula vaza sem abrir, ou antes, de abrir, anotar a pressão na qual isto acontece;
- Na situação da válvula não abrir a 1,2 vezes a pressão de abertura, deve-se interromper o teste;
- Caso a válvula abra acima da pressão de abertura, refazer o teste pra confirmação;
- Todas as irregularidades observadas durante os testes devem ser anotadas;
- Caso seja verificado que os dados estão conforme requerido pelo processo, volta-se o anel de regulagem à posição de trabalho e lacra-se a válvula;
- Caso não atenda o especificado, acionar a garantia do fornecedor para solução do problema.

Antes de se efetuar a regulagem da pressão de ajuste, deve-se confrontar os dados da plaqueta com a folha de especificação. Verificar se foram feitos os cálculos para correção de temperatura e contrapressão (PAIXAO, 1999).

Remover o capuz, descobrindo o parafuso de regulagem. Soltar primeiro a contra-porca e depois girar o parafuso de regulagem: para baixo ( sentido horário ) para aumentar a pressão de ajuste, ou para cima ( sentido anti-horário ) para diminuir a pressão de ajuste. Atenção nesta operação para não deixar girar a haste causando fricção entre as superfícies de assentamento (PAIXAO, 1999).

Após cada regulagem promover o disparo ou abertura da válvula para verificação da pressão de ajuste. Na pressão desejada, travar com a contra-porca e recolocar o capuz. Disparar um vez para confirmação (PAIXAO, 1999).

De acordo com Rodrigues (2010), em caso de alteração na pressão de ajuste é possível utilizar a mesma mola se:

- A nova pressão estiver dentro da faixa de atuação da mola estabelecida pelo fabricante;
- For considerada aceitável após consulta ao fabricante;

- A válvula deve abrir com a pressão indicada na folha de especificação e considerando a tabela a seguir para as tolerâncias da pressão de abertura;

VÁLVULA ASME I	
Pressão de abertura KPa	Tolerância
$\leq 483$ Kpa	$\pm 14$ Kpa
$> 483$ Kpa e $\leq 2069$	$\pm 3\%$ da pressão de abertura
$> 2069$ e $\leq 6895$	$\pm 69$ KPa
$> 6895$	$\pm 1\%$ da primeira abertura

Quadro 2 Tolerância para a pressão de abertura da válvula de segurança

Fonte: GAZINI, 2002.

- Após a execução dos testes, a válvula deve ser lacrada;
- As válvulas que operam com vapor podem ser reguladas no campo, mediante liberação do inspetor de segurança para o trabalho no campo.

#### 4.5 Calibração

De acordo com Crosby (2003) deve-se levar para a bancada de teste para efetuar os ajustes necessários, bem como sua calibração, observando as seguintes orientações:

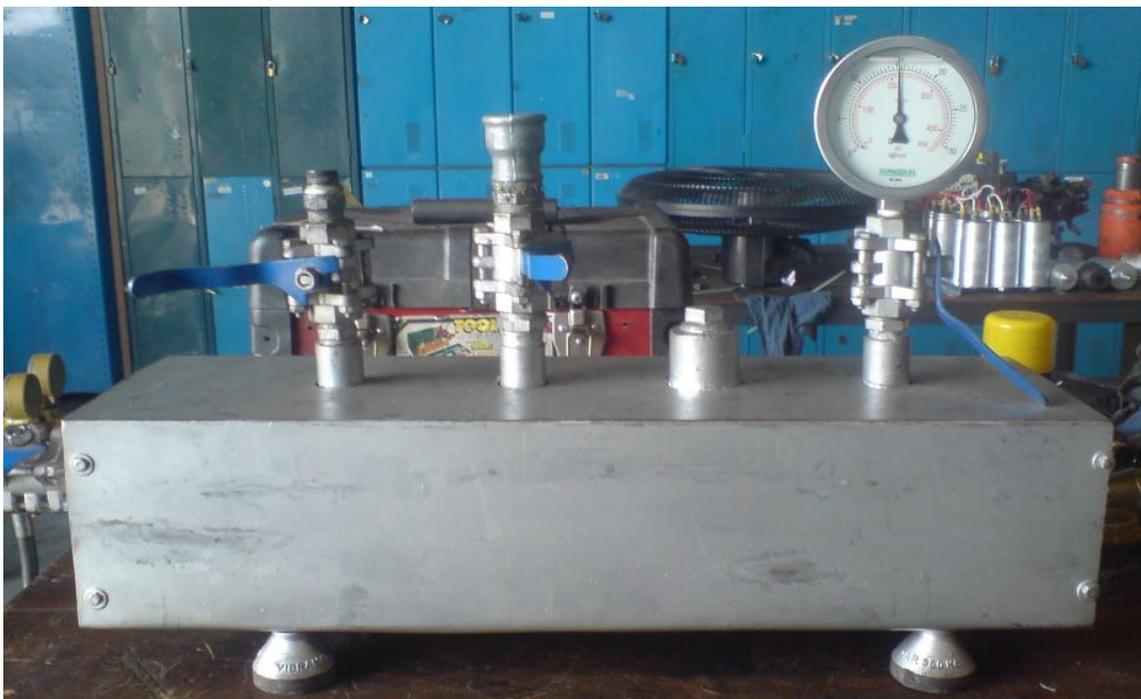


Figura 6 Bancada de teste para calibração de válvula não recomendada pela Petrobrás

Fonte: Autor, 2011.

- O fluido de teste deve ser ar comprimido ou nitrogênio;
- Efetuar a regulagem da pressão de ajuste;
- Verificar a repetibilidade da pressão de abertura da válvula;
- Verificar a estanqueidade da válvula;
- Verificar o aperto da contra porca do parafuso de ajuste da mola antes da instalação do capuz;
- Inserir plaqueta de identificação;
- Lacrar a válvula;
- Emitir o certificado de calibração constando todos os dados dos ensaios realizados e, quando necessário, um relatório com os serviços executados.

Após serem cumpridas todas as etapas do procedimento de manutenção e calibração, bem como realizado todos os ensaios necessários, a válvula é considerada aprovada.

#### 4.5.1 Bancada de calibração conforme procedimentos Petrobrás



Figura 7 Bancada de teste com dois manômetros recomendada pela Petrobrás e acessórios

Fonte: GAZINI, 2002.

No painel principal encontra-se um manômetro para monitorar a pressão de entrada da do nitrogênio ou ar de linha. O operador deve se localizar ergonomicamente de frente dos manômetros de ensaio para evitar os erros de paralaxe. A utilização do manômetro duplo, em “Y”, aumenta a confiabilidade dos ensaios, pois garante a confiabilidade e garante que o bourdon dos dois manômetros estarão alinhados e caso aconteça dano em um, a discrepância de medida entre eles denunciará o defeito (CROSBY, 2003).

Para ensaios com pressões superiores às pressões da garrafa de nitrogênio ou da linha de ar comprimido se faz necessária a utilização de um dispositivo multiplicador de pressão chamado de buster. Este equipamento pode ser instalado na bancada e permite que, com auxílio de água a baixa pressão e ar comprimido, consiga-se altos valores de pressão (MATHIAS, 2010).

#### 4.5.2 Fenômenos operacionais das válvulas de segurança

De acordo com Rodrigues (2010) ao calibrar da válvula de segurança é necessário analisar os fenômenos operacionais mais comuns: o *'chattering'*, o *'simmering'* e o *'flutting'*. Seguem as definições desses fenômenos, suas causas e as soluções:

- *'Chattering'*: é o mais comum encontrado na indústria, este é o movimento rápido e anormal das partes móveis de uma válvula segurança, em que o disco contacta o bocal. É uma vibração muito forte que ocorre com essas peças no momento da abertura da válvula. O *'chattering'* é prejudicial à válvula de segurança, pois reduz sua capacidade de alívio, danifica suas partes móveis e suas superfícies de vedação. Após o início do *chattering*, seu término só ocorre quando a pressão do processo é reduzida a um valor abaixo da pressão de fechamento da válvula e a pressão de operação é restabelecida. As vibrações causadas pelo *'chattering'* podem ser transmitidas às tubulações e aos equipamentos conectados às válvulas de segurança. As principais causas e soluções do *'chattering'*:

<b>Causas e Soluções do Chattering</b>	
Válvula superdimensionada	Redimensionar a válvula com orifício do bocal menor, compatível com a real capacidade de vazão requerida para o processo ou Instalação de duas ou mais válvulas menores, do que uma única válvula grande.
Anél do bocal muito alto	Verificar o ajuste do anel do bocal com o manual do fabricante da válvula.
Tubulação de descarga mal-dimensionada	A tubulação de descarga deve ser mais curta e direta possível, para evitar a redução da velocidade de escoamento do fluido, gerando uma força adicional à força da mola.
Perda de carga muito alta no tubo de entrada	O comprimento do tubo de entrada deve ser o mais curto e direto possível

Quadro 3 Causas e soluções do 'chattering'

Fonte: MATHIAS, 2010.

- '*Simmering*': é um vazamento audível ou visível que ocorre numa válvula de segurança. O principal dano é o desgaste das superfícies de vedação devido à erosão causada pela alta velocidade do fluido escoando nesse momento, além da fadiga da mola e desgaste nas superfícies de guia. Este fenômeno acontece quando o bocal está muito baixo, e este perde a sua função e a válvula trepida para fechar e a pressão de abertura e a sobrepressão do processo são elevadas para que a válvula possa alcançar sua máxima capacidade de descarga. O simmering ocorre também em válvulas com castelo fechado e que operam com vapor em alta temperatura. Quando a válvula é ajustada em bancada de testes com temperatura ambiente, deve ser feita uma correção na pressão de ajuste em relação à temperatura do processo.
- '*Flutting*': este é um fenômeno parecido como o '*chattering*', porém, não ocorre o contato físico entre disco e bocal. Portanto as superfícies de vedação dessas peças não são danificadas, mas as superfícies de guia podem ser. O curso de abertura e consequentemente a vazão da válvula ficam flutuando. Por ser um fenômeno semelhante ao '*chattering*', porém, com menor intensidade, as causas e as ações corretivas são semelhantes. Um ajuste incorreto dos anéis também pode contribuir para a ocorrência do '*flutting*', devido a pouca vazão através destes anéis, em relação à área de passagem do bocal. Ocorre principalmente nas válvulas instaladas no superaquecedor. Este ajuste incorreto acaba tendo como consequência, um diferencial de alívio.

#### 4.5.3 Fórmula de dimensionamento da válvula de segurança

A seleção, especificação e o dimensionamento de válvula de segurança só devem ser feitos por pessoas comprovadamente qualificadas nesse tipo de equipamento. As fórmulas abaixo são apenas uma amostra daquelas que são usadas para se chegar a um determinado modelo e tamanho da válvula a ser instalada. Estas fórmulas são utilizadas para se encontrar a capacidade de vazão das válvulas de segurança e que normalmente são encontradas nos catálogos dos fabricantes (CROSBY, 2003).

De acordo com Gazin e Prado (2002) estes são apenas exemplos, mas existem dezenas de fórmulas para se encontrar a área de passagem do bocal de acordo com a capacidade de vazão requerida ou a capacidade de vazão efetiva das válvulas de segurança de acordo com a área de passagem do bocal, sua pressão de ajuste e o tipo de fluido. Geralmente os fabricantes têm suas próprias fórmulas desenvolvidas para suas válvulas e que são aceitas pelas normas. A partir do resultado desse cálculo, deve ser utilizada uma válvula cuja área efetiva do bocal seja imediatamente superior ao resultado encontrado:

Vapor d'água

$$1. W = 51,5 \times A \times P \times K_d \times K_b \times K_n \times k_{sh}$$

Caldeira

$$2. W = ( 51,45 \times A \times P \times K_d \times K_n ) \times 0,9 \times K_{sh}$$

Os fabricantes de válvulas de segurança são obrigados a produzir a válvula com a capacidade de descarga igual ou superior à capacidade de descarga determinada através das fórmulas encontradas no API-RP-520 parte 1. O API é um padrão adotado pelo código ASME VIII quanto às dimensões de centro a face, instalação e manutenção, fórmulas de dimensionamento e área de descarga do bocal (CROSBY, 2003).

#### 4.5.4 Periodicidade de calibração segundo normas

De acordo com Rodrigues (2010) as periodicidades segundo as normas a seguir são:

- ABNT P-NB-284 – Aquisição, instalação e utilização de válvulas de segurança e/ou alívio de pressão. No item 7.2.1 desta norma as válvulas devem ser inspecionadas pelo menos uma vez por ano e sempre que ocorra uma parada de manutenção dos

equipamentos por elas protegidos. A frequência de inspeção deve ser aumentada sempre que o equipamento puder trazer algum risco operacional, ou quando os fluídos sob a válvula possam provocar danos em função de sua corrosividade. A recalibragem da válvula é função dos registros de seu comportamento e serviço.

- Petrobrás N-2368 – Inspeção de válvulas de segurança e alívio. No item 4.2.2.1 esta periodicidade não deve exceder ao tempo necessário para manter o equipamento em condições satisfatórias de operação; Já no item 4.2.2.2 a periodicidade das PSV's pode ser determinada pela experiência de operação nos vários serviços envolvidos. É recomendável seguir as prescrições contidas no API RP 576. A periodicidade de inspeção deve seguir os requisitos contidos na NR13.
- NR13 – Caldeiras e vasos de pressão. No item 13.5.3 a inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, deve ser executada nos seguintes prazos máximos:
  - 12 meses para caldeiras das categorias A, B e C;
  - 12 meses para caldeiras de recuperação de álcalis de qualquer categoria;
  - 24 meses para caldeiras da categoria A, desde que aos 12 meses sejam testadas as pressões de abertura das válvulas de segurança;
  - 40 meses para caldeiras especiais.

No item 13.5.7 – As válvulas de segurança instaladas em caldeiras devem ser inspecionadas periodicamente conforme segue:

- pelo menos uma vez por mês, mediante acionamento manual da alavanca, em operação, para caldeiras das categorias B e C;
- desmontado, inspecionado e testado, em bancada, as válvulas flangeadas e, no campo, as válvulas soldadas, recalibrando-as numa frequência compatível com a experiência operacional da mesma, porém respeitando-se como limite máximo o período de inspeção estabelecido no subitem 13.5.3 ou 13.5.4, se aplicável, para caldeiras de categorias A e B.
  - No item 13.5.8 – Adicionalmente aos testes prescritos no subitem 13.5.7 as válvulas de segurança instaladas em caldeiras deverão ser submetidas a testes de acumulação, nas seguintes oportunidades:
    - na inspeção inicial da caldeira;
    - quando forem modificadas ou tiverem sofrido reformas significativas;
    - quando houver modificação nos parâmetros operacionais da caldeira ou variação na PMTA;
    - quando houver modificação na sua tubulação de admissão ou descarga.

#### 4.6 Nomenclatura

De acordo com Rodrigues (2010) as nomenclaturas pertinentes ao assunto são:

PSV (*pressure safety valve*) – É o termo aplicado nas indústrias, por motivos culturais, para designar uma válvula de segurança.

PMTA (pressão máxima de trabalho admissível) – É a máxima pressão manométrica de trabalho permitida para o equipamento na temperatura, compatível com o código de projeto, a resistência dos materiais utilizados, as dimensões do equipamento e seus parâmetros operacionais.

Pressão de ajuste – É a pressão manométrica na qual a válvula abre em bancada de teste, incluindo correções para contrapressão e temperatura.

Sobrepessão – É o aumento da pressão acima de abertura da válvula durante a descarga da válvula. Normalmente em porcentagem da pressão de abertura.

Disparo “Pop” – É a ação de disparo caracterizada pela abertura das válvulas quando usadas com fluido compressível.

W – Capacidade de vapor d’água requerida, em LBS/HR.

A – Área de passagem do orifício requerido, em  $\text{pol}^2$ .

P – Pressão de alívio absoluta em PSIA, ( pressão de ajuste + pressão atmosférica ).

P1 – Pressão de alívio manométrica para líquidos, em PSIG, ( pressão de ajuste + sobrepessão ).

P2 – Contrapessão, em PSIG.

Kd – Coeficiente de descarga = 0,975 ( obtido através da relação entre a vazão real pela vazão teórica ).

Ksh – Fator de correção para vapor d’água superaquecido de acordo com a pressão e temperatura de superaquecimento em relação à pressão e temperatura do vapor saturado.

## **5 CONCLUSÃO**

O trabalho mostrou as técnicas e planos de inspeção para o funcionamento adequado de válvulas de segurança em sistemas de vapor.

## 6 REFERÊNCIAS

CROSBY. Manual de Instalação, Manutenção e Ajustes Válvulas de Segurança Crosby Modelo HSJ. MISGJ. Janeiro 2003. 12p.

GAZINI, Fernando T; PRADO, Marcos A. Inspeção de Válvulas de Segurança e Alívio. Comissão de Inspeção de Equipamentos. Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás Nº 10. Março 2002. 25p.

MATHIAS, Artur Cardozo. Válvulas de Segurança para Caldeiras e Processos Industriais. Manual Interno 2010. 28p. Disponível em: < [www.pipesystem.com.br/Artigos.../Válvula\\_de\\_Segurança\\_1.pdf](http://www.pipesystem.com.br/Artigos.../Válvula_de_Segurança_1.pdf) - > Acesso em 28 Mai. 2011.

PAIXÃO, José Pedro dos Santos. Válvulas e Sistemas de Alívio de Pressão. Guia do Formador. Modulform - Formação Modular. 1ª Ed. Lisboa: Instituto do Emprego e Formação Profissional. 1999. 112p.

RODRIGUES, Darcy F. Manual de Válvulas de Segurança e Alívio. Fluid Controls do Brasil Industria e Comércio de Válvulas Ltda. 2010. 47p.