

**FALHAS EM VÁLVULAS DE SEGURANÇA:
LEVANTAMENTO ESTATÍSTICO DURANTE PARADAS DE
MANUTENÇÃO**

Autores: Juvêncio Vieira Santos (PETROBRAS/ENGENHARIA/IERN)

Edneu Jatkoski (PETROBRAS/REPLAN)

Glaydston Emmerick Evangelista (PETROBRAS/FAFEN-SE)

Fernando Teixeira Gazini (TBG/DVL)

Trabalho apresentado na IEV - Conferencia Internacional sobre Evaluación de Integridad y Extensión de Vida de Equipos Industriales, realizada em agosto de 2002, em Salvador-BA.

“As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do (s) autor(es)”.

SINOPSE

Análise dos resultados da inspeção e Teste de Recepção (TR) de válvulas de segurança e alívio de pressão (PSVs) de unidades de processo e utilidades de refinaria e petroquímica, realizados após as campanhas operacionais, mostram que pode ser grande a quantidade de ocorrências de falhas ocultas nesses dispositivos. Levantamento de dados efetuado ao longo de vários anos, revela que pode ser significativo o percentual de válvulas que, durante a inspeção e teste, abrem fora da pressão de calibração, que não abrem, que apresentam-se obstruídas, que vazam antes ou após abertura, e que apresentam falhas em componentes.

Os aumentos dos prazos de inspeção dos equipamentos devem considerar a possibilidade de aumento de ocorrências de falhas ocultas nas válvulas de segurança e alívio. É indispensável, a adoção de um plano de inspeção e de medidas adequadas para detecção e tratamento dos problemas de funcionamento destas válvulas.

O objetivo desse trabalho é demonstrar que não basta confiar no desempenho operacional das válvulas de segurança e alívio durante a campanha para determinar o grau de confiabilidade. É de elevada importância considerar, junto com o desempenho operacional, os resultados da inspeção e do Teste de Recepção de todo o conjunto de válvulas de segurança e alívio de unidades de processo e utilidades, para garantir a desejada confiabilidade desses dispositivos durante as futuras campanhas operacionais.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a NR-13 as válvulas de segurança devem ser inspecionadas e recalibradas pelo menos, simultaneamente com os vasos de pressão e caldeiras por ocasião da sua inspeção interna. Entretanto, há um importante fato que deve ser considerado: o aumento dos prazos de campanha ate os limites máximos estabelecidos pela NR-13 poderá proporcionar uma redução da confiabilidade das válvulas de segurança e alívio, com conseqüentes reflexos na segurança dos equipamentos e instalações.

Análise estatística dos resultados da inspeção e Teste de Recepção (TR) efetuados em válvulas de segurança durante paradas gerais de manutenção, ao final de campanha operacional de unidades de processo e utilidades; mostram que pode ser significativo o percentual de válvulas que abrem fora da pressão de calibração, que não abrem, que se apresentam obstruídas, que vazam antes ou após abertura, e que apresentam falhas em seus componentes.

A confiabilidade de válvulas de segurança não deve ser aferida exclusivamente em função do seu desempenho durante a campanha operacional. Isto porque muitas válvulas não falham ou não apresentam problemas de mau funcionamento, simplesmente porque não são solicitadas quando estão em operação, gerando a falsa impressão de que estão cumprindo eficazmente a sua importante função de segurança.

Quando se constata que é alto o número de válvulas reprovadas no Teste de Recepção (TR), é necessário que se aprofunde a investigação sobre as causas dessas ocorrências e que se analise as conseqüências em termos de risco operacional que a falha de cada uma dessas válvulas causaria. Se necessário, a válvula deve ser substituída, podendo ainda, ser instalada uma válvula redundante para tornar possível uma redução da campanha, até que se elimine a causa que levou à falha.

Com base em fartos levantamentos de campo e em literaturas afins, o objetivo desse trabalho é demonstrar que não basta confiar no desempenho operacional das válvulas de segurança durante a campanha para determinar o grau de confiabilidade. É de elevada importância considerar, junto com o desempenho operacional, os resultados dos Testes de Recepção de todo o conjunto de válvulas de segurança e alívio de unidades de processo e utilidades, para garantir a desejada confiabilidade operacional desses dispositivos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 DADOS DE UNIDADES DE PROCESSO DE REFINO

Inicialmente foi feito um levantamento somente com os dados do teste de recepção das 138 válvulas (99 de segurança/alívio e 39 de alívio) inspecionadas na parada da unidade de craqueamento catalítico em 1991, após uma campanha operacional de 3 anos. Esses dados estão apresentados na tabela 1.

A análise desses dados mostra que:

- a) 44 válvulas de segurança e alívio, de um total de 138, cerca de 31,9 %, atenderam plenamente os requisitos quanto à pressão de abertura e vedação;
- b) 80 válvulas (58%) atenderam o requisito de abrir dentro das tolerâncias de calibração; destas, 29 (26,1%) não mantiveram boa vedação;
- c) 17 válvulas (12,3%) abriram abaixo da pressão de ajuste ou vazaram antes de abrir; provavelmente devem ter causado perdas de produto;
- d) 13 válvulas (9,4%) abriram entre 100% e 120% da pressão de ajuste, não apresentando portanto risco à segurança, porque não causariam sobrepresurização nos equipamentos que estavam a proteger;
- e) 18 válvulas (13%) abriram entre 20% a 40% acima da pressão de ajuste, o que configura uma situação pouco segura em termos de excesso de pressão;
- f) 10 válvulas (7,2%) abriram acima de 40 % da pressão de ajuste, o que configura uma situação insegura e não aceitável em termos de risco para os equipamentos protegidos.

CONDIÇÃO	VÁLVULAS SEGURANÇA		VÁLVULAS ALÍVIO		TOTAL	
	Qtde.	%	Qtde.	%	Qtde	%
Válvulas que abriram dentro das tolerâncias e mantiveram vedação.	37	37,4	7	17,1	44	31,9
Válvulas que abriram dentro das tolerâncias, mas não mantiveram vedação.	29	29,3	7	17,1	36	26,1
Válvulas que abriram com pressão até 20% acima da pressão de ajuste	10	10,1	3	7,3	13	9,4
Válvulas que abriram com pressão entre 20% a 40% acima da pressão de ajuste	0	0	18	43,9	18	13
Válvulas que abriram com pressão superior a 40% da pressão de ajuste	7	7,1	3	7,3	10	7,2
Válvulas que abriram com pressão inferior a 95% da pressão de ajuste	5	5,1	1	2,4	6	4,3
Válvulas que vazaram antes de abrir	11	11,1	0	0	11	8

Tabela 1: Resumo dos resultados de inspeção e teste de recepção durante parada de unidade de craqueamento catalítico em 1991.

Na época não foram analisadas as causas que levaram ao mau funcionamento no teste de recepção destas válvulas.

Posteriormente, em 1996 e 1999, foi feito nas paradas de uma unidade de destilação atmosférica e a vácuo, após campanhas operacionais de 4 e 3 anos respectivamente, um levantamento mais detalhado dos resultados do teste de recepção das válvulas de segurança e alívio, com o objetivo de determinar a disponibilidade das válvulas e os prazos mais adequados de inspeção, pela razão de se estar objetivando uma campanha de 5 anos para esta unidade. Vide dados do levantamento na tabela 2 abaixo.

Com os dados foi calculada a disponibilidade das válvulas de segurança dessas unidades. Foi considerado que as válvulas de segurança e alívio tem comportamento distinto das válvulas de alívio, e portanto foi determinada separadamente a disponibilidade para cada tipo de válvula. Determinou-se que válvulas que abriam com pressão entre 10% até 50% acima da pressão de ajuste apresentavam falha, e que as válvulas que abriam com pressão acima de 50% da pressão de ajuste apresentavam falha crítica. De um total de 105 válvulas que foram inspecionadas em cada parada, 18 válvulas de segurança e alívio apresentaram falhas (sendo 6 falhas críticas) e 32 válvulas de alívio apresentaram falhas (10 críticas). As disponibilidades calculadas foram de 93% para as válvulas de segurança e alívio e de 80% para as válvulas de alívio, que são muito baixas. É recomendável trabalhar com disponibilidade mínima de 95%, e válvulas mais críticas próximo de 100%.

Foram analisados, para cada válvula que falhou, a condição de liberação, a probabilidade de falha e a consequência da falha em termos de risco. Das 13 válvulas de segurança e alívio que falharam, 6 apresentaram alto risco de falha, e 2 apresentaram risco de falha médio. Das 25 válvulas de alívio que falharam apenas 1 apresentou risco elevado de falha, em razão da maioria das válvulas trabalhar com água de resfriamento. Cinco das 7 válvulas que apresentaram risco alto de falha eram liberáveis em campanha, e as 2 válvulas que não eram liberáveis tinham mais 3 válvulas similares protegendo o mesmo equipamento. A causa principal de abertura acima da pressão de ajuste é presença de produto de corrosão ou sujeira na entrada da válvula; este problema ocorre também nas linhas de entrada e descarga das válvulas e em geral desabilita a proteção proporcionada pela válvula.



RESULTADO DA INSPEÇÃO	PARADA MAR-ABR/99		PARADA FEV-MAR/96	
	Qtde. Vál. Seg.	% Vál. Seg.	Qtde.Vál. Seg.	% Vál. Seg.
Pa ≤ 1,1Pt e fechamento normal	32	30,5	-	-
1,1Pt < Pa ≤ 1,5Pt e fechamento normal	2	2	-	-
1,1Pt < Pa ≤ 1,5Pt	9	8,6	24	23
Pa ≤ 1,1Pt e não fecharam	44	42	-	-
Pa ≤ 1,1Pt e vazaram direto	12	11,4	-	-
Pa > 1,5Pt	11	10,5	6	5,7
Pa ≤ 1,1Pt	85	81	75	71,4
Pa ≤ 1,5Pt	94	89,5	99	94,3

Pt = Pressão de Ajuste

Pa = Pressão de Abertura no teste

Tabela 2: Resumo dos resultados de teste de recepção durante parada de unidade de destilação atmosférica e a vácuo.

Após essa análise foi decidido, como regra geral, estabelecer campanhas de 30 meses para as válvulas que apresentaram falha. Para as demais válvulas foi recomendado acompanhar o prazo de inspeção do equipamento protegido.

	
<p>Foto 1: PSV-2035, que não abriu devido incrustação e sujeira em todo o interior.</p>	<p>Foto 2: PSV-2035, que não abriu devido incrustação e sujeira em todo o interior.</p>

	
<p>Foto 3: PSV-2035, corrosão na mola.</p>	<p>Foto 4: PSV-2103B com acúmulo de produto de corrosão.</p>

2.2 DADOS DE UMA PETROQUÍMICA

Em 2001, durante uma parada geral de unidades de processo e de utilidades de uma petroquímica, após uma campanha operacional de 3 anos, 110 válvulas de segurança e alívio de pressão foram submetidas a serviços de inspeção, manutenção e calibração. Algumas das válvulas estavam em operação há mais tempo que a campanha inicialmente estabelecida, dada a dificuldade de liberação. Do total, apenas 61 foram aprovadas no Teste de Recepção (TR). Uma análise mais apurada do estado geral destas válvulas e das causas de reprovação das outras 49 (44,5 %) revelou o seguinte:

2.2.1. Os principais motivos de reprovação no TR foram os seguintes:

- a) 9 válvulas abriram abaixo da Pressão de Teste (PT). A causa não foi bem esclarecida.

- b) 11 válvulas vazaram direto devido à falha ou desgaste de componentes (especialmente mola, fole e sedes de vedação), ou devido a sujeira.
- c) Falta de estanqueidade após abertura, causada por falha de componentes ou desgaste nas sedes de vedação.
- d) 3 válvulas não abriram até 1,5 x PT, devido a aprisionamento causado por incrustação, corrosão e a sujeira nas regiões guiadas, devido à obstrução, falha do fole e anéis de vedação.
- e) Das 3 válvulas enquadradas no item acima, 2 estavam operando em campanhas maiores que as inicialmente recomendadas.
- f) Nas válvulas tipo piloto operado era ainda mais evidente a necessidade de manutenção.

2.2.2 Mesmo entre as 61 aprovadas foi observado que a maioria já estava necessitando de manutenção/inspeção, naquela ocasião, dado ao grau de sujeira, deterioração de componentes não metálicos (juntas, anéis “O” e lacres), e oxidação de roscas de parafusos. Este fato contra indicava praticar aumento da próxima campanha das citadas válvulas.

2.2.3 A maioria das que falharam no TR ou que, mesmo sendo aprovadas já apresentavam necessidade de manutenção/inspeção, representava pequeno risco para a segurança, porém comprometiam a confiabilidade operacional, apesar de não terem apresentado ocorrências operacionais. Ver tabela 3 e fotos 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 abaixo.

RESULTADO DA INSPEÇÃO	Quantidades	%	Observações
Total de válvulas trabalhadas	110	100	
Total de aprovadas no TR	61	55,5	
Pa ≤ 0,95 Pt	9	8,2	
0,95 Pt ≤ Pa ≤ 1,1 Pt	23	20,1	
1,1Pt < Pa ≤ 1,5Pt	4	3,6	
Não abriram até 1,5Pt	3	2,7	2 engripadas
Vazaram direto	11	10	
Com peças danificadas	16	14,5	principais componentes danificados: fole (5), haste, disco, suporte de disco e mola.
Obstruídas	2	1,8	

Legenda: Pa=pressão de abertura, Pt=pressão de teste.

Tabela 3: Resumo da inspeção e teste de válvulas de segurança durante parada geral de unidades de processo e de utilidades de uma petroquímica, no ano de 2001.



Foto 5: arranhões e mossas no êmbolo da válvula principal da SP-31 (modelo piloto operada JPV).



Foto 6: interior da PSV-601, que não abriu devido incrustação e sujeira em todo o interior, causada por falha de anel “O” da haste do suporte do disco.



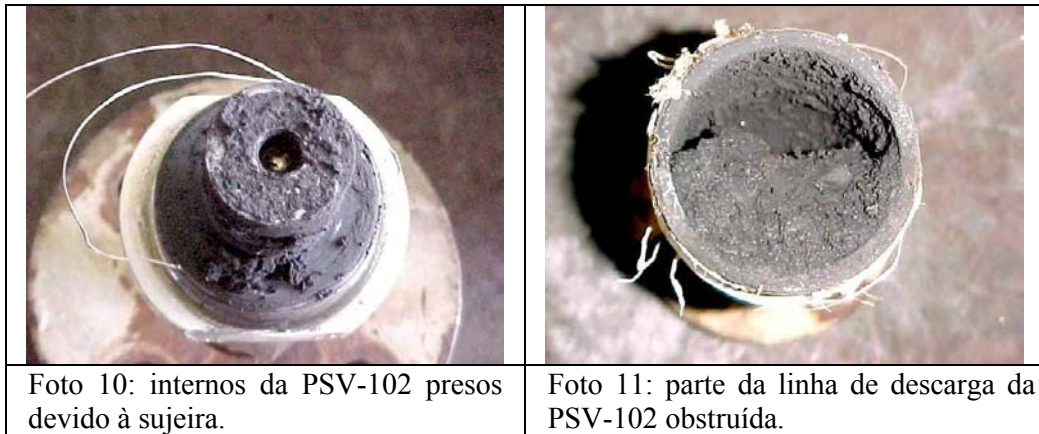
Foto 7: Incrustação dura na superfície da guia do suporte do disco da PSV-601.



Foto 8: Incrustação dura na haste do suporte do disco da PSV-601, desmontada da guia, com auxílio de prensa hidráulica.



Foto 9: interior e conexão de saída da PSV-102 obstruídos.



3 - CONCLUSÕES

A partir dos dados acima apresentados, podemos concluir o seguinte:

- a) Nos três casos avaliados foi alto o número de PSVs reprovadas no Teste de Recepção, ou que apresentaram desgaste nos internos durante a manutenção, o que nos leva à constatação de que naquelas ocasiões as válvulas apresentavam baixa confiabilidade operacional.
- b) As PSVs reprovadas, obstruídas, engripadas ou com desgaste relevante de suas peças, apresentavam alta possibilidade de falhar em operação, podendo comprometer significativamente a segurança e a continuidade operacional.
- c) Mesmo sendo pequeno o número de válvulas que não abriram ou abriram acima do limite tolerável, e dada a ameaça que representam para a segurança, é necessário sempre avaliar detalhadamente as causas de falhas de funcionamento dessas válvulas e adotar providências que possam mitigar as possibilidades de reincidência desses casos.
- d) Para cada válvula que falhou, devem ser analisadas a condição de liberação e a consequência da falha em termos de risco.
- e) Válvulas que apresentam alto risco devem ter a campanha reduzida até que as causas de falha sejam plenamente compreendidas e resolvidas.
- f) O elevado número de PSVs reprovadas na inspeção e no Teste de Recepção, revela que pode ser elevada a possibilidade de ocorrência de falha oculta em nesse tipo de dispositivo de segurança, podendo ainda ser agravada com o aumento das campanhas até o limite estabelecido pela NR-13
- g) É importante estabelecer os prazos de campanha das PSVs em função do seu histórico, conforme limites da legislação, e não em função exclusivamente do equipamento protegido. A melhoria da confiabilidade operacional passa por alteração dos prazos de campanhas de algumas válvulas, não as atrelando às campanhas dos equipamentos protegidos.

4- RECOMENDAÇÕES

- a) Reduzir e adequar campanhas das PSVs que não apresentem bom desempenho durante a manutenção/inspeção, mesmo que aparentemente não tenham apresentado problemas na última campanha.
- b) Determinar para cada válvula que abra fora da pressão de ajuste, as causas dessa ocorrência; verificar condição de liberação e analisar consequência da falha.
- c) Efetuar limpeza das linhas de entrada e descarga das válvulas que possam apresentar corrosão, formação de depósitos ou incrustação.
- d) PSVs que abram acima da pressão de ajuste, que sejam críticas quanto à segurança e continuidade operacional e cujas causas não sejam claramente identificadas ou que sejam de difícil solução, devem ser substituídas e ou ter uma PSV redundante instalada, a fim de permitir execução de inspeção/manutenção em campanha.
- e) Ao determinar prazo de campanha operacional de unidades de processo e utilidades, considerar junto com o limite estabelecido por normas, o histórico de inspeção e manutenção das PSVs, além do seu desempenho na última campanha.
- f) Utilizar, sempre que possível, equipamento de teste de abertura de campo para avaliar o funcionamento das PSVs, auxiliando na detecção de possíveis falhas ocultas.
- g) Considerar, previamente, ações necessárias para tratar adequadamente os casos de PSVs que venham a apresentar problemas durante o teste de campo.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NR-13 Caldeiras e Vasos de Pressão
API-576 Inspection of Pressure-Relieving Devices
API-510 Pressure Vessel Inspection Code: Maintenance Inspection, Rating, Repair, and Alteration