**Quanto Vazou ? Uma Análise Crítica da Classificação de Indicadores de**

**Segurança de Processos**

João Rui Barbosa de Alencar

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A – Refinaria Abreu e Lima

Luis Fernando Gomes Paulo Smith

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A - [SMS/PN-RGN/SEG](http://localizadorpessoas.petrobras.com.br/lope/busca/resultados.do?filtered=true&cleanAll=false&navigators=reset&lotacao=SMS%2FPN-RGN%2FSEG&opcaoBuscaLotacao=iniciandoCom&ordenacao=1A)

Fábio Leandro Rossi

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A - [SMS/PN-RGN/AC](http://localizadorpessoas.petrobras.com.br/lope/busca/resultados.do?filtered=true&cleanAll=false&navigators=reset&lotacao=SMS%2FPN-RGN%2FSEG&opcaoBuscaLotacao=iniciandoCom&ordenacao=1A)

Sérgio Cláudio Marsal,

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A – INDUSTRIAL/AC/CFSP

**ABSTRACT**

The occurrence of major industrial accidents such as Texas City (2005) and Deepwater Horizon (2010), which had as precursors the loss of primary containment of hazardous chemicals, drew the attention of the process industry to the need to develop specific metrics for process safety management. In one of Prof. Trevor Kletz, “What You Don't Have, Can't Leak” - Only what we don't have can't leak, the imminent threat of industry leaks, specifically that of oil and gas, is a reality

The definition of process safety indicators assists in the management of contention loss events and establishes a way of managing them. This paper briefly presents the problem of estimating leakage quantities in process safety accidents and assists in the consequent classification of process safety indicators defined based on API RP 754 (2016).

1. **INTRODUÇÃO**

A ocorrência de grandes acidentes industriais, tais como Texas City (2005) e Deepwater Horizon (2010), que tiveram como precursores a perda de contenção primária de produtos químicos perigosos, chamou a atenção da indústria de processos para a necessidade de desenvolver métricas específicas para gerenciamento da segurança de processos.Numa das máximas do Prof. TrevorKletz, -*“WhatyouDon'tHave, Can'tLeak”*- somente o que não temos é que não pode vazar, a ameaça premente de vazamentos na indústria, especificamente a de petróleo e gás, é uma realidade. Segundo Kletz, T. (2019) [1] com base em estudo do instituto britânico HSE (*Health andSafetyExecutive*), que analisou 270 vazamentos em plataformas de petróleo os principais pontos de vazamentos são tubulações de pequenos diâmetros (18%), tubulações em geral (43%), válvulas (12%), vasos (8%), selos (8%), bombase compressores (5%), mangueiras (5%) e outros equipamentos (2%), sendo as principais causas imediatas corrosão e erosão (32%), desgastes típicos de componentes (26%) e falha de instalação ou de construção e montagem, falta ou falha na execução de procedimentos (39%). E complementa que, ainda que sejam emissões fugitivas, numa referência a pequenos e naturais vazamentos, esses precisam ser cuidados. Num ambiente de forte cultura de segurança de processos a identificação e o tratamento de perdas de contenção primária de produtos perigosos em refinarias de petróleo e plantas de processo, deve ser gerenciado e de foco permanente e nenhum vazamento de substâncias perigosas deve ser tolerado.

Nesse sentido, visando acompanhar o desempenho de segurança de processos, o API RP 754 (2016) [2], desenvolveu indicadores que visam classificar a magnitude dos eventos de perdas de contenção que são definidos em função do produto, da quantidade vazada e da magnitude dos impactos que, eventualmente, cada evento de perda de contenção venha a causar.

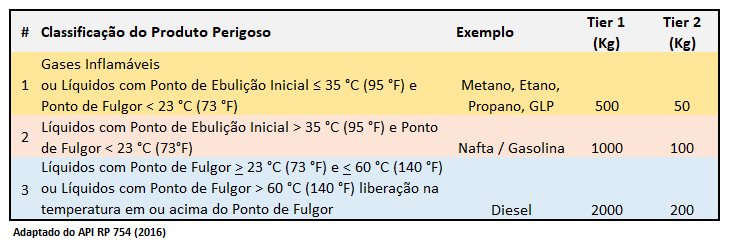
Esse trabalho tem por objetivo, avaliar, a partir de cenários de vazamentos típicos em refinarias de petróleo, metodologias para determinação da taxa de vazamento (kg/h) para posterior enquadramento nos indicadores TIER 1, TIER 2 ou TIER 3.

1. **DESCRIÇÃO DOS INDICADORES DE SEGURANÇA DE PROCESSOS**

Um evento de segurança do processo passa, necessariamente, por uma liberação não planejada de produtos químicos incluindo não tóxicos e não inflamáveis e sua caracterização é definida, principalmente, em função do produto vazado e da quantidade envolvida. são os parâmetros básicos para uma adequada caracterização da magnitude do evento. O indicador TIER 1 está relacionado a eventos com maior potencial de danos. Já o indicador TIER 2 representa os eventos com consequências menos catastróficas que as ocorrências TIER 1. Algumas empresas apropriam também as ocorrências de perda de contenção primária com consequências bem pequenas que não são computadas nos indicadores TIER 1 e TIER 2, podendo ser associadas ao TIER 3. A classificação dos eventos de perda de contenção (TIER 1, TIER 2 e TIER 3) se constitui em uma etapa fundamental para o adequado gerenciamento de riscos de processo.

|  |
| --- |
|  |
| **Fig.1**– O Triângulo do Acidente: Tiers e Seus CorrespondentesTipos de Indicadores |

|  |
| --- |
| **Tabela 1** – Indicadores de Segurança de Processos (Adaptado de API RP 754, 2016) [2] |



1. **QUANTO VAZOU ?**

A classificação dos indicadores de acidentes de segurança de processos nem sempre é simples. Passa, pela avaliação das características do acidente, do processo e a identificação do produto vazado. Em refinarias de petróleo, a definição do produto já pode não ser simples uma vez que misturas multicomponentes, são facilmente encontradas. O uso de simuladores de processo nesse ponto são fundamentais para a obtenção de propriedades. Ademais, essa análise prévia das características e das condições de processo, determinam tanto as propriedades físico-químicas como o estado físico de como a liberação vai se apresentar, se gás, líquido, gás-líquido (bifásicos) ou multifásicos.

O tamanho do orifício por onde se dá a liberação também é uma informação normalmente utilizada para ocálculo da quantidade vazada. Porém, na prática, também pode ser uma variável de difícil obtenção. Tanto é que normalmente se utiliza regras práticas para fixação do tamanho do orifício.

Outro parâmetro fundamental na determinação da quantidade vazada é o tempo de duração do vazamento. Porém nem sempre também se dispõe, com precisão, deste parâmetro, sendo a ordem de grandeza, maior ou menor que 1 h uma referência para adoção de frações maior ou igual a 1 h na obtenção da taxa do vazamento.

Toda essa complexidade para determinação da quantidade vazada, pode ser vislumbrada na Figura 2 que representa um acidente de segurança de processos, numa torre fracionadora de uma unidade de coqueamento retardado de uma refinaria de petróleo. Nessa etapa desse processo, é típica a obtenção e fracionamento de correntes,ao longo da extensão da torre, derivadas do craquemaento térmico de frações pesadas do petróleo desde gasóleos extrapesados até GLP e gás combustível. Esse fracionamento se dá por fluxos ascendentes de vapores e descendentes de líquidos que se misturam e geram misturas multifásicas ao longo de toda extensão do equipamento. A identificação da região do fracionamento e do ponto do vazamento são parâmetros importantes nessa definição.



Figura 2 – Unidade de Coqueamento Retardado (Torre Fracionadora), Vazamento de Mistura Multicomponente Seguido de Fogo, Refinaria Abreu e Lima, Foto: JC de 05/12/2018

Analisando a imagem da Figura 2, percebe-se que o vazamento se dá na metade superior da torre o que pode-se inferir tratar-se a região da nafta (hidrocarbonetos que predominam de 6 a 8 carbonos, C6-C8). A definição do estado físico da corrente vazada é de difícil afirmação, já que pode-se encontrar liquido, gás ou fluxo em regime de flasheamento o que pode implicar em quantidades vazadas distintas. O API 581 auxilia nessa definição, comparando o estado físico da corrente nas condições ambientes com o estado físico da corrente vazada. Assim, considerando que a corrente de nafta, nas condições ambientes é liquida e que, assumindo que, na região do vazamento ela pode estar no estado gasoso ou mesmo no estado liquido, já que estão em equilíbrio liquido-vapor, o API 581 [3] recomenda que seja modelada como um gás ou como um liquido, a saber:

**Líquido:**

(1)

Equação similar pode ser aplicada para líquidos sob pressão acima da sua pressão de bolha (flashing) [4], porém uma modelagem mais rigorosa para fluxos bifásicos pode ser encontrada em [5]:

**Gás**

(2)

Para Pressão de Operação maior que *Ptrans*

(3)

Ou, Para Pressão de Operação menor que *Ptrans*

(4)

Considerando o tamanho do orifício como sendo de ¼” e com a pressão de operação de 2,0 kgf/cm² na região do topo da fracionadora, e que o produto vazado se aproxima da região da nafta (Peso Molecular = 86 (n-Hexano), numa temperatura da ordem de 200oC, obtivemos:

Para Fase Líquida ou Flashing – Equação 1=>1250 kg/1 hora

Para Fase Vapor – Equação 3 =>5850 kg/1 hora

Para qualquer um dos casos que fossem adotados o indicador seria TIER1, pois para ambas as quantidades obtidas foram maior que 1000 kg (Tabela 1).

Vale destacar que o número obtido pela equação 1 foi sujeito a aproximações e premissas, como densidade e o fluido em si, pressão de operação que confere sensibilidade ao número obtido em relação ao limite da classificação do acidente. Por outro lado, já o obtido pela equação 3, está bem afastado do limite de TIER 1 o que, analisando por esse enfoque, a assertividade seria maior.

Observa-se com este exemplo que cálculos utilizando modelos estão sujeitos a premissas e aproximações que podem impactar a classificação do indicador. Nesse sentido, dados reais da planta em tempo real (*PlantInformation*) podem ser usados com este fim para se chegar a informações mais assertivas da quantidade vazada.

Entretanto, o mais importante nesse processo é a padronização e a suportação da estimativa com base na reprodução do fenômeno envolvido no acidente. Assim sendo esse trabalho, propões discutir um fluxo decisório para que a estimativa da quantidade vazada seja realizada e documentada. A Figura seguinte apresenta um fluxo

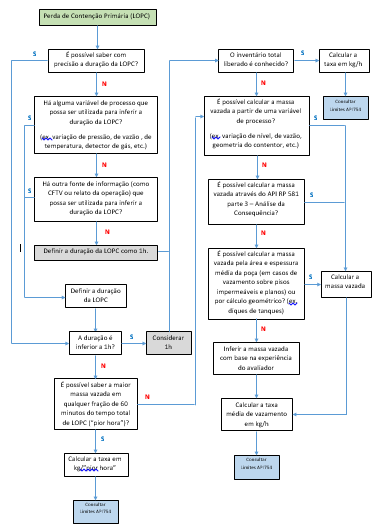


Figura 4 - Fluxo Decisório para Estimativa da Perda de Contenção

1. **CONCLUSÕES**

A definição de indicadores de segurança auxilia no gerenciamento de eventos de perda de contenção e estabelece uma forma de gerenciamento dos mesmos. Esse trabalho apresenta de forma breve a problemática da estimativa das quantidades vazadas nos acidentes de segurança de processos e auxilia na consequente classificação dos indicadores de segurança de processos definidos como base no API RP 754 (2016). Utilizando o exemplo de um furo no costado de uma torre fracionadora de uma unidade de coqueamento retardado de uma refinaria de petróleo, foram apresentadas equações fundamentais que modelam o fenômeno da perda de contenção. Essa sistemática nem sempre é acompanhada de parâmetros e variáveis objetivas o que pode comprometer ou mascarar os indicadores de segurança de processos. Por outro lado e mais importante é a definição e padronização desse processo de tomada de decisão. Por fim, os volumes vazados são úteis na análise das consequências do vazamento e podem auxiliar na definição de planos de emergência e medidas de contingenciamento das plantas de processamento.

1. **REFERENCIAS**

[1] Kletz, T. A., What Went Wrong ? Case Histories of Process Plants Disasters, Houston: Gulf Publishing, 2019

[2] API RP 754, Process Safety Performance Indicators for the Refining andPetrochemical Industries, 2nd ed., April 2016;

[3] API 581, Risk-Based Inspection Base Resource Document, 2nd ed., May 2000

[4] Crow, D. A., &Louvar, J. F., Chemical Process Safety, Fundamentals with Applications, 2nd ed., PTH, 2002.

[5] CCPS, Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases, New York, American Institute of Chemical Engineers, 1999