

COMENTÁRIOS, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho objetivou-se obter modelos que avaliem o Risco em trechos de tubulação baseados no modelo de Muhlbauer e na teoria da lógica fuzzy, com isso, no capítulo quatro, foram propostos três modelos. Visto que durante o desenvolvimento de cada um deles, surgiram problemas como, por exemplo, o tipo de técnica a usar na geração de regras ou a definição da quantidade de variáveis a serem utilizadas na avaliação do Risco. Contudo, na solução de cada um deles emergiram várias observações:

- 1- Os diversos modelos que avaliam o Risco diferenciam-se na quantidade de variáveis utilizadas e na forma de quantificar cada um delas. Por exemplo, o modelo Muhlbauer considera 66 variáveis no módulo básico, no entanto, se também considera o módulo especializado seriam aproximadamente 100 as variáveis avaliadas. Já no caso do software de propriedade da BASS-TRIGON, considera aproximadamente 200 variáveis na análise de Risco em sistemas de tubulações.
- 2- Os modelos que avaliam o Risco em trechos de tubulação têm em comum a experiência adquirida na solução de diversos problemas. Outro ponto de coincidência entre a maioria dos modelos é aceitar que o Risco é avaliado como o produto da probabilidade pela consequência da falha.
- 3- Já nos modelos que avaliam o Risco mediante regras do tipo SE-ENTÃO da lógica fuzzy, tem em comum o conhecimento cognitivo do especialista.
- 4- Atualmente existem diversos modelos comerciais que avaliam o Risco, estes se apresentam flexíveis para modificações de acordo com a realidade de cada sistema de tubulação, no entanto, sua utilização requer um investimento econômico para utilizá-lo.
- 5- No modelo de Muhlbauer a informação quantitativa da taxa de corrosão não é necessária para avaliar o índice de dano por corrosão interna, ao invés disso,

utiliza-se as avaliações das variáveis de corrosividade do produto e do tipo de proteção interna.

- 6- Segundo a expressão 2.1 (pagina 21), um resultado do FIV permanecerá inalterável ao longo da vida útil do duto, ao menos que o produto transportado, a classe de população ou o fluxo volumétrico sejam alterados. Assim, ações como o fechamento automático de válvulas ou acionamento de equipes de contingência não altera o resultado do FIV.
- 7- Para identificar um SLF ainda não existe um procedimento geral, apenas específico, por exemplo, a identificação do tipo de base de regras fuzzy, o tipo de função de pertinência ou o do tipo de desfuzificação.
- 8- O primeiro e segundo modelo proposto permitem avaliar o Risco de uma forma diferente ao modelo Muhlbauer, neles, as variáveis são agrupadas sob um critério técnico o que permite uma melhor análise se comparada com uma simples soma que o Muhlbauer considera.
- 9- Uma das vantagens de utilizar a lógica fuzzy no modelo de Muhlbauer é a incorporação das regras do tipo SE-ENTÃO ao invés da simples soma ou divisão na obtenção de resultados do Risco.
- 10- No terceiro modelo, o uso de números fuzzy possibilita que as avaliações das variáveis sejam expressas com incertezas baseadas em uma avaliação quantitativa. Isto evita, realizar outras avaliações quantitativas objetivando conhecer as incertezas.

Todos as observações sinalizadas acima ajudaram a concretização dos objetivos perseguidos na realização deste trabalho, e a partir destas as seguintes conclusões foram obtidas:

- 1- A ciência que estuda o Risco é ainda uma ciência em formação devido a não existências de formas padronizadas para avaliar o efeito real que uma determinada ação preventiva tem nos resultados finais do Risco. Sabe-se que a realização de muitas ações preventivas diminuiria o Risco, no entanto, a quantificação desta

diminuição é realizada de acordo ao critério de cada analista de Risco. No modelo de Muhlbauer esta é avaliada com base nos resultados entre 0 e 2000. Outra forma de quantificar esta diminuição é apresentada nas figuras 2.5 e 2.7 do capítulo dois, contudo, é possível estabelecer outras formas corretas que possibilitariam quantificar o Risco.

- 2- O Risco é objetivo já que sua análise pode ser realizada na procura de um resultado específico, por exemplo, Risco ambiental, Risco econômico, Risco por corrosão, etc. No entanto, a maioria das metodologias tenta representar todos estes resultados específicos em um resultado geral, e com base neste resultado geral tomar decisões, como ocorre no resultado apresentado na metodologia de Muhlbauer. Sem embargo, algumas vezes as informações contidas nos resultados específicos podem ser mais proveitosas que um resultado geral.
- 3- O Risco sempre é relativo seja avaliado na forma quantitativa ou qualitativa. Isto significa que o Risco de um evento nunca pode ser eliminado, ainda que se realizem muitas tarefas preventivas, no entanto, esta pode ser diminuída. Para avaliar o efeito desta diminuição, o Risco pode ser comparado a um evento similar ou a normas estabelecidas.
- 4- O Risco é mais qualitativo que quantitativo, devido a influencias de mais variáveis tipo qualitativas que quantitativas.
- 5- O futuro da pesquisa na área de análise de Risco encontra-se no *gerenciamento da informação*. Chega-se a esta conclusão devido a grande quantidade de informação requerida para a análise de Risco. Assim, a capacidade que as operadoras de tubulação tenham em obter as informações da forma mais real, possibilitará que o analista de Risco possa realizar uma melhor análise. Na perspectiva do futuro da análise de Risco inclui-se também aos meios que possibilitam a obtenção da informação na forma ON-LINE, como por exemplo, SCADA, visualização por imagens enviadas via satélite ou sinais de deformações captadas e enviadas por fibras óticas acopladas nos dutos, etc.
- 6- A lógica fuzzy pode e/ou deve ser aplicada na avaliação do Risco de sistemas de tubulação. Esta conclusão baseia-se na existência de variáveis qualitativas que são importantes durante a avaliação do Risco, por exemplo, meio ambiente, equipes

de sistemas de segurança, etc. assim, estas variáveis são melhor expressadas na forma de valores lingüísticos de que a forma quantitativa, e no caso de serem representadas nesta, pode-se usar a técnica de números fuzzy objetivando incorporar incertezas nas avaliações. E ainda, a lógica fuzzy pode ser aplicada para gerar modelos em situações que não exista modelos analíticos confiáveis.

- 7- Dos resultados obtidos no capítulo três, o tipo de desfuzificação CENTROIDE é o que apresenta melhores resultados conforme aumenta quantidade de conjuntos fuzzy das variáveis lingüísticas de entradas e saídas. Este resultado coincide com o obtido por Kosko [80] na qual o SLF aditivo com método de desfuzificador CENTROIDE se comporta como um aproximador universal de funções. Com relação aos tipos de agregação SOMA e MÁXIMO, observa-se que estas apresentam resultados aproximados não influenciado no resultado final do SLF.

Para a realização do presente trabalho foi necessário enfocar-se nos objetivos propostos, porém, durante seu desenvolvimento foram observadas diversas alternativas para seu enriquecimento e que não foram desenvolvidas, como:

- 1- Gerar modelos alternativos ao modelo Muhlbauer, isto possibilitaria a comparação entre eles. Estes modelos poderiam ser uma modificação do mesmo modelo Muhlbauer, por exemplo, uma modificação nas pontuações dada às 66 variáveis, de um aumento ou diminuição da quantidade de variáveis analisadas, uma alteração da expressão 2.1 que avalia o Risco, etc.
- 2- Gerar um modelo com base no primeiro e segundo modelo proposto no capítulo quatro, objetivando não perder a generalidade na análise e ao mesmo tempo obter exatidão nos resultados, se comparados aos resultados dados pelo modelo Muhlbauer.
- 3- Avaliar o Risco individual, social, econômico, ambiental, por corrosão, etc., envolvido na operação dos sistemas de tubulações, objetivando tomar decisões baseadas nos resultados individuais obtidos em cada um deles.

- 4- Definir níveis de Risco para cada tipo de Risco mencionado no ítem 3. A definição destes possibilitaria programar ações preventivas para manter o Risco em um nível desejado.
- 5- Gerar uma planilha de dados para armazenar as informações dos sistemas de tubulações, assim, como seu histórico de inspeção, reparos, acidentes, etc. Nesta planilha pode-se também armazenar informações acerca de acidentes ocorridos em outros sistemas de tubulação, estas informações deveriam ser sobre as causas dos acidentes, ações tomadas, etc.
- 6- Realizar uma análise Bayesiana do Risco com o objetivo de compará-la com análise baseada na lógica fuzzy. Para isso, se poderia iniciar a análise com poucas variáveis, por exemplo, as variáveis do índice de dano por corrosão interna.
- 7- Avaliar a confiabilidade nos resultados do Risco mediante as teorias de probabilidade tradicional e possibilística. A teoria de probabilidade tradicional é melhor aplicada na avaliação do Risco de dano por corrosão, enquanto, a teoria possibilística se adapta melhor na avaliação de dano por operações incorretas e por terceiros.
- 8- Introduzir o conceito de análise de integridade estrutural da tubulação na análise de Risco, objetivando o conhecimento do tempo de inspeção ideal ou para elaborar programas de inspeção similar ao proposto pela API 581 [30].
- 9- Modificar o primeiro e segundo modelo proposto no capítulo quatro, para que os dados de ingresso nos mesmos, possam ser representados mediante conjuntos fuzzy, tal como proposto na segunda parte do aplicativo mencionado em 3.3.2.
- 10- Pesquisar outras técnicas diferentes da lógica fuzzy, que lidem com incertezas, por exemplo, a teoria de Dempster – Shafer.
- 11- Sabendo que o problema de análise de Risco em sistemas de tubulação requer avaliar muitas variáveis, que segundo sua abrangência pode chegar até centenas, sugere-se aplicar a técnica de otimização por algoritmos genéticos, como ferramenta para a análise de benefício/custo.
- 12- Tendo conhecimento que a técnica de elementos finitos é aplicada como ferramenta de avaliação a integridade na tubulação, recomenda-se introduzir o

conceito de números fuzzy nessa técnica, com o objetivo de incorporar a incerteza na quantificação das variáveis.

- 13- Estudar a confiabilidade nos sistemas de dutos, através da uma análise nível III de AIE, isto é, introduzir os critério de confiabilidade FORM, SORM, etc. na técnica de elementos finitos.
- 14- Reconstituição computacional dos defeitos nos dutos através das técnicas de ensaios não destrutivos.