

Conclusões e Recomendações

Este trabalho apresenta uma análise da adequação dos métodos de avaliação de risco qualitativo, quantitativo e semi-quantitativo do API 581 BRD, para aplicação a oleodutos terrestres. As metodologias foram aplicadas a quatro oleodutos reais que operam na transferência de petróleo em uma unidade de negócio de Exploração e Produção da Petrobras. A aplicação dos métodos foi efetuada através de planilhas Excel especialmente criadas com a transcrição das regras e requisitos estabelecidos nos Apêndices A, B e C respectivamente, do API 581 BRD, edição Mai/2000. As planilhas usadas nos cálculos de risco dos oleodutos A – G⁽³²⁾ se encontram nos Apêndices I, II, III, IV e V.

As metodologias do API 581 BRD, desenvolvidas originalmente para equipamentos de plantas e refinarias, mesmo sem sofrerem adaptação alguma para oleodutos, produziram resultados de risco consistentes. Pode-se concluir que estas metodologias são simplificadas e fáceis de aplicar às instalações de um modo geral, tendo um bom potencial de aplicação para oleodutos.

O método qualitativo de análise de risco do API 581 BRD, desde que adaptado para oleodutos poderá atender mais objetivamente, as suas três funções de:

- Seleção primária dos dutos candidatos a sofrerem uma avaliação mais detalhada e definição dos eventuais benefícios proporcionados pela aplicação de novas técnicas;
- Ranqueamento do grau de risco dos dutos de uma unidade de negócios através de seu posicionamento dentro de uma matriz de risco;
- Identificação de áreas sensíveis dos dutos da unidade que devam merecer programas de inspeção melhorados.

Foi observado que a limitação do diâmetro de ruptura a 16" para dutos com diâmetros maiores impõe restrições quanto à precisão do cálculo da consequência de falha do método quantitativo do API 581 BRD. Esta perda de precisão da consequência de ruptura se deve a uma redução crescente da taxa de vazamento estimada em relação à taxa real observada à medida que o diâmetro do duto vai aumentando.

Tendo em vista as diferenças quanto aos modos de falha e condições de operação e instalação entre os dutos e sistemas de tubulação de plantas, pode-se concluir que as

⁽³²⁾ - Planilhas similares foram aplicadas aos oleodutos B – A, C – A e X – B. Informações sobre estas podem ser obtidas com o autor, email: pezzi@petrobras.com.br ou com o orientador desta tese, email: jffreire@mec.puc-rio.br.

freqüências genéricas de falha para tubulação usadas nos métodos quantitativo e semi-quantitativo do API 581 BRD podem não ser representativas para oleodutos.

O cálculo da probabilidade de falha usado pelos métodos quantitativo e semi-quantitativo do API 581 BRD não leva em consideração os modos de falha de Ações de Terceiros e Movimentação do Solo, mostrando a necessidade de adaptação destas metodologias para a avaliação de risco do oleodutos.

Observando-se os nove módulos técnicos do API 581 BRD, pode-se concluir que para dutos, o cálculo do Fator de Modificação de Equipamentos, FE, usado para corrigir a freqüência genérica de falha nos métodos quantitativo e semi-quantitativo, deveria considerar apenas os módulos técnicos que são mais aplicáveis, quais sejam:

- Módulo Técnico de Perda de Espessura;
- Módulo Técnico de Corrosão sob Tensão (SCC, em inglês);
- Módulo Técnico de Fadiga Mecânica;
- Módulo Técnico de Fratura Frágil;
- Módulo Técnico de Danos Externos.

Para este trabalho foi considerado apenas o módulo técnico de perda de espessura nas aplicações de avaliação de risco de oleodutos segundo os métodos do API 581 BRD. Tendo em vista que não foram estudados os demais módulos aplicáveis a oleodutos, não se pode concluir se a abordagem individual usada pelo API 581 BRD conduz aos mesmos resultados de uma aplicação de todos os módulos atuantes em conjunto.

Os métodos qualitativo, quantitativo e semi-quantitativo de avaliação de risco do API 581 BRD contemplam o cálculo de consequência tóxica. Porém, a partir da análise das propriedades do petróleo pode-se concluir que a consequência tóxica não é aplicável, para oleodutos.

Foi observado que o método quantitativo do API 581 BRD, apesar de fazer referências, não apresenta sistemática ou regra para estimativa de custos de consequências ambientais, tais como, limpeza e bioremediação, e para custos de riscos financeiros, tais como, perda de imagem e multas ambientais. Neste aspecto foi constatado que os resultados ficam mais consistentes quando são calculados as consequências ambientais e os riscos financeiros, mesmo que a regra tenha sido criada a partir dados da indústria, como foi o caso do presente estudo.

Neste trabalho foi aplicado o método quantitativo a um oleoduto segmentando-o em 18 seções, segundo pontos notáveis em termos de risco, tais como, cruzamentos, travessias, passagem por estações de bombeamento e por fazenda. A análise dos

resultados mostrou que a segmentação por incorporar uma avaliação de risco mais específica de pequenos segmentos, eleva o risco de modo geral. A avaliação de risco de segmentos de grande extensão termina por desconsiderar modos de falhas aplicáveis apenas a determinadas seções do duto.

Comparando-se os resultados das aplicações do método quantitativo aos quatro oleodutos estudados, foi observada consistência dos níveis de risco com o que seria esperado na prática. Além disto, o fato destes resultados serem expressos em termos monetários, traduz maior facilidade e acessibilidade para avaliação e tomada de decisão pela alta gerência.

O método quantitativo de avaliação de risco devido aos seus resultados numéricos deve ser preferido quando se dispõe de taxas genéricas de falhas, mesmo que estas sejam genéricas para a indústria, porque permite se fazer uma discriminação precisa e contínua no ranqueamento de risco de dutos. Com a implementação dos planos de inspeção é possível se fazerem as devidas correções das frequências de falha para os dutos avaliados.

A metodologia semi-quantitativa pode levar a algumas distorções ao se considerar as simplificações traduzidas pela categorização da estimativa de inventário por faixas de ordem de grandeza dos volumes passíveis de vazamento ou então, pela performance estimada do sistema de detecção de vazamentos instalado.

Foi comprovada durante a aplicação do método quantitativo a observação feita pelo grupo de desenvolvimento do API 581 BRD, de que para equipamentos ou dutos de uma mesma unidade, apenas o subfator de módulo técnico é afetado pela atividade de inspeção ou então, em um estudo de IBR, define o plano de inspeção. Para os quatro oleodutos estudados apenas o subfator de módulo técnico apresentou alguma variação enquanto que os demais subfatores praticamente, permaneceram inalterados. Desta forma a decisão do grupo de vincular a probabilidade de falha para o método semi-quantitativo, versão simplificada do quantitativo, apenas ao subfator de módulo técnico é coerente com a realidade da atividade.

Para este trabalho foi aplicado a um oleoduto o software IAP, especializado para avaliação de risco. Foi observada a versatilidade do software IAP para avaliação de risco de dutos terrestres através da possibilidade de modificação e atualização do algoritmo de risco conforme a experiência da operadora de dutos e os requisitos do agente regulamentador. Além disto o algoritmo combina os vários modos de falha e consequência específicos para oleodutos e integra os efeitos destes modos através do interrelacionamento das variáveis que lhes são comuns.

A identificação dos pontos de maior risco e das variáveis que contribuem para tal, além da busca de cenários otimizados de mitigação do IAP, representam fatores de diferenciação agregados ao software IAP. Pôde ser observado que esta capacidade do aplicativo ainda dispõe de muito potencial de desenvolvimento no sentido da automação da construção de cenários criados a partir da combinação de ações mitigadoras padrão e de custo unitário definido.

Neste trabalho foram aplicados os métodos de IBR do API 581 BRD a quatro oleodutos terrestres. Através desta metodologia foi possível realizar a otimização dos planos de inspeção dos oleodutos em relação aos planos atualmente implantados. Esta otimização representou reduções dos custos de inspeção por pig instrumentado da ordem de cerca 33%, no mínimo, sem aumento do nível de risco. Donde se conclui que a metodologia de IBR do API 581 BRD, embora não tenha sido desenvolvida especificamente para oleodutos, é eficaz.

É recomendada a iniciativa conjunta da indústria dutoviária brasileira, operadoras, agentes regulamentadores e órgãos ambientais, para o desenvolvimento de:

- critérios objetivos para o cálculo de multas ambientais, uma vez que acidentes acontecem, apesar de todos os esforços despendidos para sua prevenção;
- banco de dados sobre falhas de dutos, com confidencialidade para as operadoras;
- regras básicas para registro de falhas com vazamento, junto ao agente regulamentador;
- metodologias qualitativa e quantitativa de avaliação de risco que combinem todos os modos de falha e de consequência típicos de dutos, guardando a simplicidade característica do API 581 BRD;
- aplicativo amigável para aplicação das metodologias qualitativas e quantitativas de avaliação de risco e IBR, similar ao que está sendo desenvolvido para o API STD 580.

Em relação ao software IAP, é recomendada a implementação de:

- algoritmo de otimização automática, em termos de custos, de cenários de redução de risco criados a partir de medidas mitigadoras padronizadas com custo e impacto sobre o risco bem definidos;
- metodologia de otimização de plano de inspeção específico para dutos, similar à desenvolvida para IBR no API 581 BRD.

Rio de Janeiro, 26 de Maio de 2003.

Mario Pezzi Filho