

## **2**

# **SISTEMAS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTOS EM DUTOS**

Neste capítulo vamos apresentar um breve estudo de técnicas e sistemas de detecção de vazamentos mais utilizados atualmente. Nosso objetivo é demonstrar que a inspeção com pigs instrumentados deve ser utilizada como procedimento complementar a estes sistemas tanto na detecção preventiva, quanto na localização precisa de pequenos vazamentos. Este estudo foi baseado em uma pesquisa na literatura principalmente em artigos publicados nos últimos anos [1]. Foi dada maior ênfase aos que apresentavam resultados de testes de campo.

### **2.1.**

#### **INSPEÇÃO HUMANA**

A inspeção humana pode ser utilizada na detecção de vazamentos. Percorrer periodicamente a faixa do duto seja a pé, de carro ou de avião, é considerado um recurso para detectar sinais de vazamentos. Podemos visualizar solos descolorados, bolhas emergindo da água, distorções com imagens térmicas etc. Um inspetor bem treinado pode sentir o odor de gás em misturas com baixos níveis de partes por milhão (ppm). O som do vazamento também pode ser escutado quando o inspetor chega perto o suficiente do vazamento. Porém, como percorrer a faixa do duto não é um procedimento simples de ser realizado, esta técnica é pouco utilizada.

### **2.2.**

#### **MONITORAÇÃO DE EMISSÕES QUÍMICAS**

A monitoração de emissões químicas é uma técnica comum de detecção de vazamento. Sensores químicos como espectroscopia de absorção ótica a laser, laser induzido, fluorescência, detecção de aerossol, detecção de óleo superficial, mapeamento por satélite e radares, podem ser utilizados. Eles podem ser instalados no duto, em aeronaves, robôs submarinos ou em veículos terrestres. Estes métodos exigem a identificação química utilizando sensores. Portanto, precisam se locomover para perto do vazamento. Um novo método em

desenvolvimento utiliza fibras óticas especiais que têm suas propriedades alteradas na presença de certas substâncias químicas. Atualmente níveis de oxigênio, amônia e metano podem ser monitorados com estas novas fibras [2].

### **2.3. FIBRAS ÓTICAS E INTEGRIDADE DE REVESTIMENTOS CONDUTORES**

A monitoração de proteção catódica pode detectar a ruptura de revestimentos condutores quando o duto se rompe. A monitoração de deformação em fibras óticas utiliza a queda do sinal de luz causado pela deformação em fibras óticas instaladas na superfície do duto. A mudança na compressão e vibração do solo altera as propriedades de transmissão de luz na fibra, que depois volta ao normal caso a fibra não se rompa [3]. Fibras óticas enterradas ao longo do duto apresentam a vantagem de detectar os danos causados por terceiros através do sensoriamento da pressão de um veículo sobre o solo. Além disso, elas podem ser aderidas à parede do duto e detectar deformações [2].

### **2.4. SISTEMAS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTOS COM CONTROLE SUPERVISÓRIO DE AQUISIÇÃO DE DADOS (SCADA)**

Os Sistemas de Detecção de Vazamentos (SDV) que apresentam melhores resultados operam em tempo real e seus princípios de operação dependem fundamentalmente de softwares baseados em dados de pressão e/ou vazão e/ou emissões acústicas. Sensores instalados ao longo da linha fornecem dados continuamente para o cálculo de algoritmos que utilizam técnicas estatísticas, reconhecimento de padrões, modelos de dinâmica dos fluídos ou uma combinação destes [4].

A análise de transientes de pressão e vazão, é muito utilizada no processo de controle e operação de dutos. Quando realizada por um sistema de Controle Supervisório e de Aquisição de Dados (SCADA), a possibilidade de se localizar vazamentos é bem superior do que com métodos convencionais.

O SCADA é um sistema de comunicação computadorizado que monitora, processa, transmite e apresenta dados para o operador controlador do duto. O SCADA pode ser utilizado diretamente para detecção de vazamentos. Ele coleta dados em tempo real dos instrumentos de campo usando Unidades Terminais

Remotas (RTUs), Controladores Lógicos Programáveis (PLCs) e outros equipamentos eletrônicos de medição, que são instalados em trechos ao longo do duto. A comunicação com estes instrumentos pode ser de diversas formas: microondas, celular, satélite, mas a mais comum é via circuitos telefônicos e terrestres.

Os vazamentos provocados por rupturas repentinas geram uma onda de pressão que viaja pelo duto. Para detectar esta súbita variação é necessária a medição da pressão em curtos intervalos de tempo. A monitoração computadorizada realizada pelo SCADA registra a pressão, a velocidade, a geometria do duto e as propriedades químicas e térmicas do duto em diversas posições. O sistema calcula a razão de vazão mássica entre a vazão medida que entra e a que sai em certos trechos da linha. Além disso, a maioria dos sistemas SCADA inclui uma modelagem de transientes que simulam variações de pressão que acompanham o surgimento repentino de um vazamento.

Este sistema é usado em diversos dutos hoje em dia e são muito confiáveis para grandes vazamentos, mas tem suas limitações. Eles só podem localizar vazamentos com magnitude de 0.5% a 10 % da vazão total do duto e não detectam vazamentos oriundos de lentos processos de degradação [4].

No Brasil, a Petrobras tem diversos SDVs instalados monitorando as operações de seus dutos. Engenheiros especializados da empresa realizaram diversas simulações de vazamento para comprovar a eficiência destes sistemas.

Em 2001, Baptista *et al.* publicou uma análise de incerteza associada à localização de vazamentos prevista por sistemas de detecção de vazamento cujo algoritmo de localização se baseia na equação da perda de carga em regime permanente:

“A incerteza associada à localização do vazamento independe do regime de escoamento e das características do fluido, sendo função apenas da qualidade da instrumentação da linha, da magnitude do vazamento e de sua localização. Mostra-se, também, que a incerteza da localização do vazamento decresce exponencialmente com a magnitude do vazamento e apresenta uma distribuição parabólica ao longo do duto, com o ponto de mínimo localizado no ponto médio do duto”.

“Para medidores de pressão e vazão muito precisos (0,1% e 0,25%, respectivamente), a incerteza da localização do vazamento atinge valores que variam de 36% a 4% do comprimento do duto para magnitude de vazamento de 1% a 15%, respectivamente. A influência da precisão dos medidores de vazão

na incerteza da localização do vazamento é mais significativa do que a dos medidores de pressão”.

“Para vazamentos da ordem de 5%, a incerteza da sua localização pode alcançar valores maiores do que 25% do comprimento do duto se o erro das medidas de vazão for igual ou superior a 1% da vazão nominal da linha”.

## **2.5. SISTEMAS ACÚSTICOS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTOS**

Uma tecnologia recente de SDV é aquela que utiliza o princípio de emissão acústica. Em geral, a detecção acústica de vazamentos pode fazer uso da energia de vibração emitida pelo rompimento da parede do duto, ou pela energia associada com o escapamento de fluido através da ruptura no duto.

Os SDVs acústicos são compostos por sensores acústicos instalados em diversos pontos do duto em contato com o fluido. Em gasodutos, durante o vazamento, o jato supersônico de gás vazando também gera energia acústica no duto. Estas emissões acústicas são contínuas e têm um largo espectro de frequência (1kHz-1Mhz) [5].

Porém, a detecção nos SDVs acústicos é realizada através dos sinais em frequências subsônicas (< 1 Hz) gerados pela abrupta ruptura da parede do duto causada por acidentes. Os sinais de alta frequência sofrem forte atenuação e não se propagam por longas distâncias [6].

Os vazamentos gerados pela lenta degradação da parede por corrosão não são possíveis de serem detectados, pois não geram energia acústica suficiente para se propagar a longas distâncias [7].

Com uma boa interpretação da assinatura acústica do vazamento, é possível detectar o evento ao longo do duto. O desafio principal é discriminar a assinatura do vazamento dos ruídos normalmente emitidos em um duto, como ruído de bombeio, ruído da turbulência da vazão, abertura e fechamento de válvulas, etc. O segundo desafio é detectar esta assinatura acústica em pontos distantes de sua fonte, já que as ondas sonoras são atenuadas ao viajarem pelo duto.

Em 2002, Baptista e Moura publicaram os resultados de testes de sistemas de detecção de vazamentos por monitoração acústica [7]. O primeiro foi realizado no oleoduto de Urucu com extensão de 36 km e pressões de 74 kg/cm<sup>2</sup> no início e 14 kg/cm<sup>2</sup> no seu final. Foram detectados vazamentos

provocados por furos de 5mm a 12,7mm de diâmetro, com erro na localização de +/- 200m.

Já no segundo teste, no trecho de linha submarina que liga PGA-3 à estação Aracajú/SE de 15,7km, 16" de diâmetro e pressão de 12,6 kg/cm<sup>2</sup> foram detectados furos com 8,4mm de diâmetro (0,53% da vazão da linha) a 194m de distância do sensor acústico com erro na localização de +/- 300m.

O último teste foi realizado no oleoduto de 18,5 km de extensão, 6" de diâmetro e pressão de 9,7 kg/cm<sup>2</sup>, que liga PCA-2 à estação de tratamento em Fazenda Cedro no Espírito Santo. Foram detectados furos com diâmetro mínimo de 12 mm com sensores posicionados a 9,2 km de distância e erro na localização de +/- 40m.

## **2.6.**

### **PIGS INSTRUMENTADOS**

Os pigs instrumentados são equipamentos amplamente utilizados para realização de diferentes tipos de inspeção interna de dutos. Eles são introduzidos no duto e se deslocam por toda sua extensão impulsionados pela pressão de bombeio do fluido, seja ele óleo ou gás. Normalmente são constituídos por vasos de pressão sustentados por copos de poliuretano em suas extremidades. São equipados com eletrônica, bateria e sensores que identificam anomalias geométricas e perdas de espessura por corrosão. Os métodos de detecção de corrosão mais utilizados são baseados em magnetismo e ondas ultra-sônicas.

No método magnético, um campo magnético é aplicado na parede do duto. Quando há uma corrosão ou outro tipo de degradação na parede, ocorre uma fuga de campo magnético que os sensores são capazes de identificar. Já o método ultra-sônico mede a espessura da parede do duto. O sistema emite ondas ultra-sônicas e mede os tempos dos ecos nas interfaces das superfícies interna e externa da parede do duto. Estes pigs têm a capacidade de identificar áreas possíveis de estarem vazando ou de originarem vazamentos, mas não detectam e localizam vazamentos.

Pigs instrumentados não podem ser considerados um sistema de detecção de vazamentos. Todo SDV deve ser "on-line", com monitoração 24 horas por dia. Como os pigs precisam ser deslocados até o ponto de vazamento, o que pode levar muito tempo, eles não são considerados SDVs. Além disso,

existem dutos que apresentam particularidades que não permitem a passagem de pigs.

O desenvolvimento de pigs detectores de vazamento tem o objetivo de fornecer uma ferramenta capaz de identificar e localizar com precisão pequenos vazamentos. A inspeção com estes pigs se apresenta como um procedimento complementar aos SDVs, suprimindo as deficiências na localização e na detecção de vazamentos pequenos que ainda não possíveis de serem detectados pelos SDVs.

Com o tempo os pequenos vazamentos aumentam e podem causar sérios acidentes, grandes poluições ambientais e enormes perdas financeiras. Perigosas nuvens de gás e poças de óleo podem se formar tanto no solo, quanto nos arredores do defeito. A detecção dos pequenos vazamentos e a sua precisa localização diminui significativamente os impactos sociais e econômicos e os tempos de escavação e de reparo do duto.