

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

5.1. OLEODUTOS

Os testes realizados com o Pig Detector de Vazamentos para oleodutos de 14", mostraram que a ferramenta é funcional, de fácil operação e capaz de localizar vazamentos com precisão. Todos os vazamentos simulados foram detectados. Os resultados obtidos orientam para a continuidade do desenvolvimento, que prevê corridas de longa duração em dutos em operação para melhor aferição do protótipo e avaliação do desgaste dos copos vedadores.

Protótipos para diâmetros maiores devem ser testados a fim de verificar a influência do aumento do volume de teste na amplitude do sinal. O diâmetro do duto influi diretamente no desempenho do pig, quanto menor o diâmetro, maior é a sensibilidade. Esta influência ocorre devido ao aumento de volume estanque que o pig desloca, o chamado volume de teste. Com volume de teste maior, menor é a queda de pressão devido ao vazamento.

O desgaste dos copos do pig também influi no desempenho do pig, já que eles precisam manter sua capacidade de vedação para que o volume de teste permaneça constante durante longas corridas.

A velocidade de operação do pig também influi no seu desempenho, pois em alta velocidade ($> 1\text{m/s}$) o pig tem pouco tempo de contato com o vazamento e a queda de pressão é pequena.

A detecção de vazamentos localizados na geratriz inferior do duto pode ser comprometida pelo arraste de sujeira no copo dianteiro do pig, o que acaba vedando temporariamente o vazamento.

Um melhor tratamento dos dados por software pode ainda melhorar muito a apresentação dos resultados e evidenciar com mais clareza a existência e localização rápida de vazamentos.

5.2. GASODUTOS

Baseado nos resultados dos testes obtidos, concluímos que a detecção de vazamentos em gasodutos com pigs instrumentados deve ser baseada na análise da variação de amplitude do som dentro do duto. O som do vazamento se comporta como um ruído branco, apresentando energia em diversas frequências na ordem de dezenas de kilohertz. Quanto menor é a vazão do vazamento, menor é amplitude do som. Em laboratório detectamos sinais para furos de 0,8 mm com pressão inicial de 1000 psi.

O teste de campo do primeiro protótipo do Pig Acústico apresentou resultados satisfatórios, detectando um vazamento de Ø20,7mm com grande facilidade.

Os microfones apresentaram boa resposta para frequências na faixa de 1-20kHz. Os sons aquiritados pelo pig dentro do gasoduto sem vazamento possuem baixa amplitude e se concentram em frequências abaixo de 10 kHz. Já em presença do vazamento, o pig detectou o aumento de energia na faixa até 10 kHz e passou a registrar energia na faixa de 10-20 kHz.

Alguns aspectos precisam ser melhorados, como a estrutura do corpo de espuma do pig a fim de torná-lo mais rígido, evitando a sua fragmentação. A utilização de uma eletrônica mais simples e compacta que registre apenas a amplitude do sinal também simplifica a montagem do pig.

Novas opções de microfones também podem ser testadas, alguns que sejam mais sensíveis a sons ultra-sônicos, de forma a podermos filtrar completamente os sons não provenientes do vazamento.

Outra melhoria sugerida é o desenvolvimento de novos circuitos eletrônicos de amplificação e filtragem do sinal para que vazamentos com diâmetros menores que 0.8mm apresentem uma melhor relação sinal ruído.

O pig acústico se mostrou uma ferramenta com potencial para ser utilizado na inspeção de gasodutos. Com poder para detectar pequenos vazamentos não detectáveis pelos SDVs, sua passagem seria um processo periódico preventivo.

Podendo utilizar uma eletrônica bem compacta instalada em pigs espumas convencionais e utilizando sensores simples e baratos como os utilizados nesta pesquisa, sua passagem periódica se torna viável.

Como proposta futura no desenvolvimento do pig acústico sugerimos uma configuração de montagem mais complexa, mas que deve apresentar um aumento na confiabilidade e desempenho do pig.

Esta proposta de montagem apresenta um diferencial principalmente no aspecto de localização precisa do vazamento. O pig seria composto por dois módulos de espuma. Na região entre as espumas seria criada uma caixa de isolamento acústico, já que tanto os sons gerados à frente quanto atrás do pig seriam atenuados pelas espumas. A figura 91 apresenta um esquema da montagem com dois módulos.

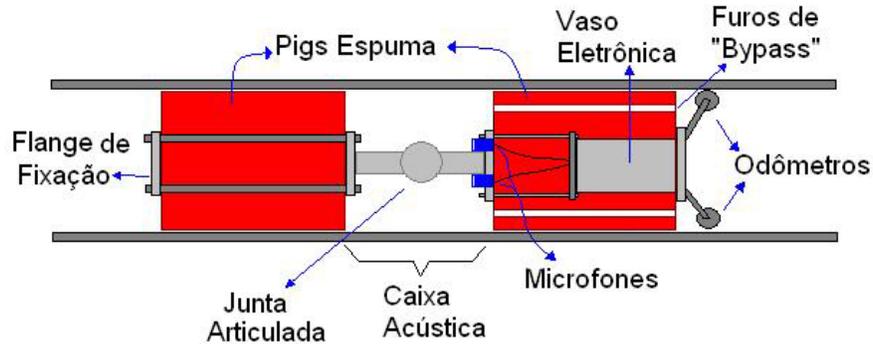


Figura 91 – Montagem com dois módulos de espuma.

Os módulos são interligados por uma junta mecânica, sendo que o traseiro apresenta furos para passagem de gás para que o dianteiro se torne o tracionador e evite a compressão entre eles. É importante que não ocorra passagem de gás no módulo dianteiro e que a caixa acústica tenha um comprimento mínimo em torno de um metro para que o tempo de contato com o vazamento não seja muito pequeno.

A variação de energia sonora dentro da caixa acústica no momento em que o pig passar pelo vazamento deverá ser bem visível. O tratamento eletrônico do sinal consistiria em um filtro passa alta e um medidor de envoltória. Com o filtro eliminamos as freqüências que não caracterizam o vazamento, e com sua envoltória registramos o nível de energia acústica em altas freqüências medida pelo microfone.

A detecção do vazamento seria somente através do registro da envoltória do sinal e não de seu espectro completo. Desta forma a freqüência de aquisição não precisa ser alta, ficando em torno de 500 Hz o que permite o uso de eletrônicas mais simples e compactas.

Com essa montagem, a localização do vazamento também deve ser facilitada, pois só teremos sinal durante o contato da caixa acústica com o vazamento, ou seja, durante um curto período de tempo (ΔT) igual à razão entre o comprimento da caixa acústica e a velocidade de deslocamento do pig. Para

uma velocidade de 4m/s e uma caixa acústica de 1metro de comprimento teríamos um ΔT de 0.25s.

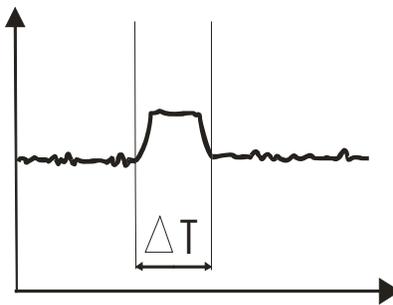


Figura 92 – Gráfico esquemático do sinal de vazamento utilizando pig acústico.

Outra adaptação futura que pode ser útil para evidenciar a assinatura do sinal do vazamento e evitarmos interpretações equivocadas, é a utilização de microfones extras à frente e atrás do pig. Estes microfones teriam a função de monitorar tanto a aproximação quanto o afastamento do som do vazamento. Assim teríamos mais dois sinais de referência. Os gráficos teóricos seriam desta forma:

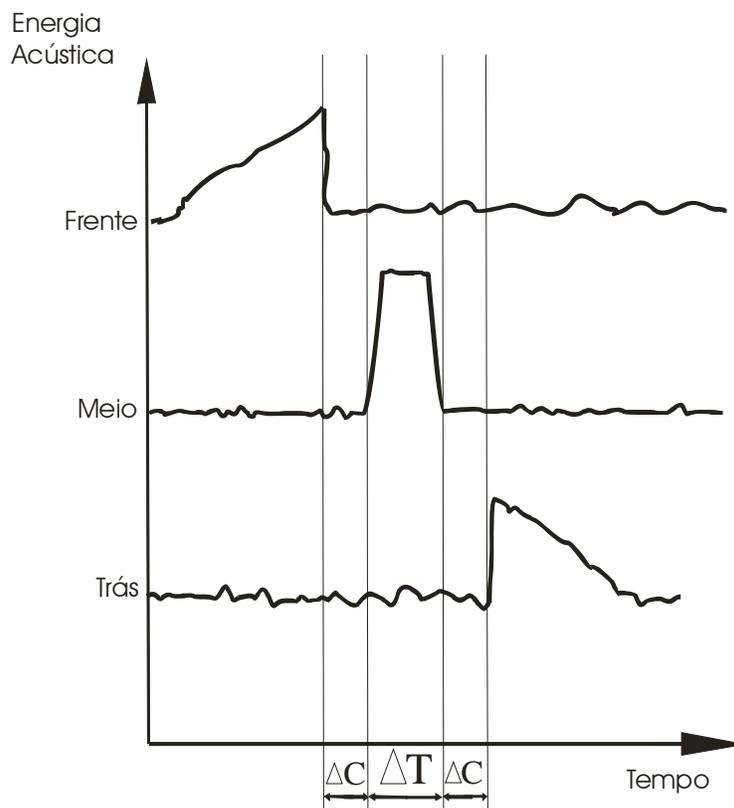


Figura 93– Gráficos esquemáticos da assinatura do vazamento.

O som do vazamento é detectado pelos 3 sensores em momentos diferentes. O sinal do microfone frontal aumenta gradativamente enquanto o pig se aproxima do vazamento e depois é atenuado pelo módulo de espuma. O central detecta o som na posição exata em que o pig encontrou o vazamento e o traseiro registra o afastamento do pig em relação ao vazamento.

Como vemos, o pig acústico ainda tem muito potencial para novos desenvolvimentos e pesquisas para que no futuro se torne uma ferramenta útil na manutenção e operação de gasodutos.