

## MONITORAMENTO DA CORROSÃO DE DUTOS; TÉCNICAS, PROCEDIMENTOS E INCERTEZAS

**EVANGELISTA, Antônio Edilberto**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. goiano07i@yahoo.com.br

**COLHERINHAS, Gino Bertolluci**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. ginobertollucci@hotmail.com

**TEIXEIRA, Luzinete Veras**

Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA. luahma3672@gmail.com

### Resumo

A corrosão é um dos principais causadores de vazamento presente na indústria. As tubulações de aço construídas enterradas ou submersas para o transporte de vapor flash, polpa de papel, hidróxido de sódio, minério, água e outros produtos, possuem sérios problemas de segurança, devido a ocorrência de processos de corrosão. Os cupons de corrosão são corpos de prova metálicos utilizados em ensaios de monitoramento de processos corrosivos, com diversos tipos e formas, entretanto, os mais empregados são de aço carbono e possuem os formatos retangulares e em disco. O uso de sondas de resistência elétrica que medem as taxas de corrosão com base no aumento da resistência elétrica durante um período, para um elemento metálico exposto ao meio corrosivo. O monitoramento se faz necessário para identificar os possíveis causadores da corrosão. Realizou-se o levantamento junto às empresas sobre os principais métodos de controle de corrosão. Os dados obtidos junto às empresas vêm a confirmar a importância dos métodos de controle da corrosão.

**Palavras-Chave:** Corrosão; Tubulações; Monitoramento.

## 1. Introdução

A dificuldade de encontrar ao longo dos dutos corrosões internas e externas pode levar à ocorrência de falhas, com consequências prejudiciais a pessoas e ao meio ambiente, portanto a importância da corrosividade em dutos não pode ser esquecida. A corrosão pode ser considerada uma das principais causas de falhas em indústrias, que podem prejudicar o processo, atrasar o cronograma da produção e ainda, gerar maior custo de manutenção, além de promover riscos à saúde e ao meio ambiente. Por esses motivos, o monitoramento através de diversas formas tratadas no presente trabalho é importante para o diagnóstico precoce das falhas.<sup>[1]</sup>

Os cupons de corrosão são corpos de prova metálicos utilizados em ensaios de monitoramento de processos corrosivos, com diversos tipos e formas, entretanto, os mais empregados são de aço carbono e possuem os formatos retangulares e em disco.<sup>[8]</sup>

O uso também de sondas de resistência elétrica que medem as taxas de corrosão com base no aumento da resistência elétrica durante um período, para um elemento metálico exposto ao meio corrosivo. O aumento na resistência elétrica é ocasionado pela redução da área da seção transversal do elemento exposto (condutor elétrico) devido à corrosão. O aumento na resistência elétrica é proporcional à corrosão acumulada para o período de exposição.<sup>[8]</sup>

## 2. Objetivo

O presente estudo tem como objetivo o estabelecimento das metodologias de monitoramento como a utilização de cupons de corrosão e de sondas corrosimétricas no controle da corrosão em tubulações.

Os cupons de corrosão de perda de massa fornecem de maneira simples e direta as taxas de corrosão de linhas e equipamentos fabricados em aço carbono ou outros materiais. Sua metodologia é relativamente barata e nos fornecem dados confiáveis para um período determinado de exposição, além de informações sobre a morfologia da corrosão.

As sondas de resistência elétrica podem ser consideradas como sondas de perda de massa automáticas, fornecendo dados de perda de metal continuamente. O monitoramento contínuo com sondas de resistência elétrica fornece a tendência da taxa de corrosão em função do tempo, permitindo identificar com clareza os períodos de aumento ou redução da corrosividade do meio associado às variáveis do processo como vazão, temperatura, pressão, variações de concentrações etc. Apesar disso não podem mostrar mudanças de corrosividade nos fluidos ou taxas de corrosão em curtos intervalos de tempo.<sup>[8]</sup>

## 3. Referencial teórico

Foram efetuados os levantamentos sobre os monitoramentos da corrosão utilizados pelas empresas através da implantação de cupons e de sondas de resistência elétrica.

No tópico abaixo seguem as formas de corrosão mais encontradas em tubulações e sobre as corrosões internas e externas nos dutos.

Em seguida vem as informações sobre os sistemas de monitoramento que buscam identificar como e onde estão ocorrendo os processos corrosivos.

### 3.1. Tipos de corrosão

Este tópico define e classifica os tipos de corrosão encontrada em dutos. As causas de cada tipo de corrosão envolvem as características de operação e dos materiais (metais) empregados no duto, e geralmente são difíceis de prever e determinar. Assim, como a velocidade de decréscimo da corrosão, que é atribuída a diferentes fatores físicos e químicos do sistema.<sup>[3]</sup>

#### 3.1.1. Corrosão uniforme

O processo de corrosão pode ser responsável por uma perda da massa metálica em toda superfície do material. É considerado o escoamento de um fluido capaz de remover os óxidos formados caso estes óxidos não sejam aderentes e possível que o processo corrosivo passe despercebido por uma simples observação direta, como em uma inspeção visual. O termo corrosão generalizada se deve ao fato de ela se estender por toda área.<sup>[4]</sup>

A Figura 1 apresenta a fotografia da corrosão generalizada (normalmente causada por contato de soda).

Figura 1 - Corrosão Interna Generalizada



Fonte: [6]

### 3.1.2. Corrosão galvânica

O contato entre materiais diferentes resulta no processo corrosivo conhecido como corrosão galvânica mostrada na Figura 2. A intensidade deste tipo de corrosão será proporcional a diferença entre valores de potencial eletroquímico dos materiais. Ela é encontrada em dutos offshore onde existe a presença de água produzida juntamente com o petróleo. Este conceito de corrosão galvânica é aplicado no uso de proteção catódica em dutos, introduzindo-se um anodo de sacrifício para oxidação. E ainda o escoamento de fluidos também pode acelerar os processos corrosivos, pois a ação mecânica do escoamento acarreta efeitos como a corrosão galvânica. [3]

Figura 2: Corrosão Galvânica



Fonte: [6]

### 3.1.3. Corrosão alveolar

A Corrosão alveolar é uma que se processa na superfície metálica produzindo sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor que seu diâmetro que é mostrada na Figura 4. [5]

Geralmente aparecem quando o processo de corrosão acontece sob o depósito de detritos carregados pelo fluido escoado. [3]

Figura 3: Corrosão alveolar

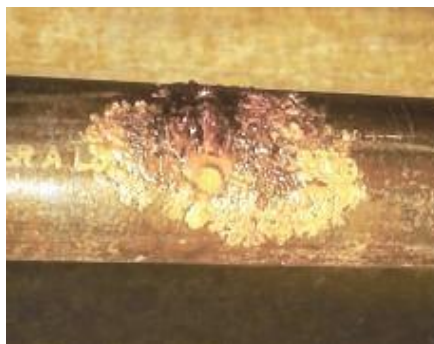


Fonte: [6]

### 3.1.4. Corrosão puntiforme

A corrosão puntiforme é uma forma de corrosão que consiste na formação de pequenas cavidades de profundidades elevadas em comparação com seus diâmetros mostrada na Figura 3. Esta corrosão possui profunda penetração na superfície do metal, atacada em geral aparece com uma pequena envoltória de corrosão uniforme. Na maioria dos casos, os pits são alargados ao longo de toda a superfície metálica e criam uma superfície de perfil irregular. [3]

Figura 4: Corrosão puntiforme



Fonte : [6]

### 3.2. Corrosão externa de dutos

São realizadas vistorias periódicas nas indústrias em geral nos fundos de tanques e tubulações e que não pode ser desprezada pelos técnicos de operação e manutenção, que podem ser surpreendidos com furos causados pela corrosão. Para diagnosticar a incidência de corrosão são feitas algumas medições, como resistividades elétricas, e as medições do desgaste dos cupons. [1]

### 3.3. Corrosão interna de dutos

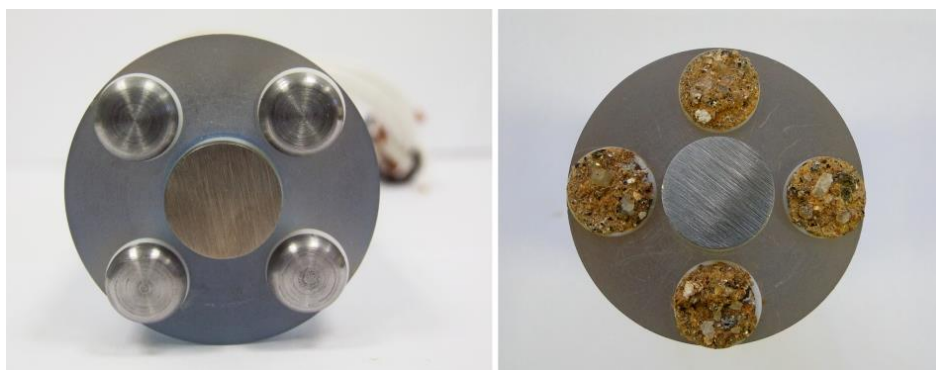
Devido à dificuldade em se identificar os locais onde a corrosão interna torna-se inevitável à ocorrência de falhas não previstas, com possíveis consequências danosas a pessoas e ao meio ambiente; embora a importância da corrosividade interna em dutos seja muitas vezes subestimada. Verificou-se que o perfil de escoamento do fluido é uma característica de grande importância para o estudo da corrosão em dutos, pois dependendo da velocidade do fluido, é possível encontrar diferentes perfis de escoamento. O fato de os dutos poderem vir a operar com produtos diferentes e mais corrosivos ou vazões e pressões maiores do que as de projeto, associadas a exigências da legislação de segurança e de preservação ambiental, determinam a importância de ações eficazes na garantia de sua integridade. [2]

### 3.4. Sistemas de monitoramento de corrosão

As inspeções periódicas com ferramentas do tipo *pig* instrumentado definem apenas o estado atual do duto em relação à sua integridade, ficando limitada pelo fato das características da substância transportada para poderem variar com o tempo e a repetição das inspeções em curtos intervalos de tempo ser antieconômica. Assim, os sistemas de monitoração se apresentam como uma opção complementar. A utilização de cupons de perda de massa em pontos específicos do duto permite verificar qual a forma de corrosão apresentada. [2]

Os cupons devem ser do mesmo material utilizado na fabricação dos sistemas que são monitorados juntamente com o equipamento utilizado. A taxa de corrosão é calculada como se a corrosão fosse exclusivamente uniforme. A figura 5 mostra os tipos de cupons de corrosão mais utilizados. [3]

Figura 5: Cupons de corrosão



Fonte : [6]

O uso de sensores de resistência elétrica que são feitos também do mesmo material do duto complementa os resultados obtidos com cupons. A intensidade da corrosão é associada ao aumento de resistência elétrica e as medidas podem ser obtidas com uma frequência bem maior e mais facilmente, além de permitir calcular a taxa de corrosão instantânea, possibilitando um acompanhamento bem mais preciso de alguma anormalidade na taxa de corrosão. [2]

Uma das limitações deste método é que não permite que seja feita uma distinção entre o processo corrosivo localizado e o generalizado, podendo também vir a ter seus resultados mascarados pela presença de depósitos condutores, como sais em geral e sulfeto de ferro. [6]

A figura 6 mostra as sondas instaladas em uma tubulação para a medição da resistência.

Figura 6: Caixa de inspeção com sistemas de monitoramento instalado em campo



Fonte: [3]

## 4. Metodologia

Foram feitos levantamentos junto as empresas sobre os dados, dos cupons de corrosão e das sondas corrosimétrica.

Dessa forma pode-se comparar os dados obtidos com a parte teórica das metodologias estudadas na literatura.

Com isso chegou-se aos resultados listados abaixo.

## 5. Resultados e discussões

### 5.1 Amostra empresa 1

O monitoramento da corrosão através de sondas corrosimétricas apresentou um forte processo de corrosão no duto, que ocorreu devido a substância transportada que é a polpa de papel com água aquecida. A sonda fora instalada em janeiro de 2015.

O valor médio do desgaste da sonda corrosimétrica (0,310 mm/ano).

O valor médio indicado pelos cupons de corrosão de (0,274 mm/ano) pela perda de massa do mesmo vem a confirmar a medição aferida pela sonda corrosimétrica.

Foram encontrados pits no cupom de forma irregular indicando um processo corrosivo forte e turbulento.

Abaixo segue a tabela 1 com os dados da sonda e dos cupons.

Tabela 1 - Taxa de corrosão no duto do transporte de papel

Metodologia	Taxa Estimada (mm/ano)		
	Mínima	Média	Máxima
Taxa de corrosão por cupons	0,013	0,274	0,415
Taxa de corrosão por sondas	0,008	0,310	0,501

Fonte - do autor, 2018.

### 5.2 Amostra empresa 2

O monitoramento da corrosão através da sonda corrosimétrica identificou um processo corrosivo muito forte no duto que ocorreu devido a substância transportada que é o vapor flash. A sonda fora instalada em outubro de 2016.

O valor médio do desgaste da sonda corrosimétrica (0,383 mm/ano).

A taxa média indicada pelo cupom de corrosão de, (0,309 mm/ano) pela perda de massa do mesmo vem a confirmar a medição efetuada pela sonda corrosimétrica.

Nos cupons foram detectados um processo corrosivo uniforme e generalizado, isso ocorreu devido as dobras das tubulações, que faz com que aumente o choque das moléculas da água com as paredes, e provoque o estreitamento das paredes do duto.

Abaixo segue a tabela 2 com os dados da sonda e dos cupons.

Tabela 2 - Taxa de corrosão no duto do condensado

Metodologia	Taxa Estimada (mm/ano)		
	Mínima	Média	Máxima
Taxa de corrosão por cupons	0,027	0,309	0,482
Taxa de corrosão por sondas	0,015	0,383	0,501

Fonte - do autor, 2018.

## 6. Conclusão

Os dados obtidos junto às empresas, dos cupons e sonda corrosimétrica vêm a confirmar o que as metodologias obtidas no levantamento teórico afirmaram.

Neste trabalho o estudo das técnicas de perda de massa e resistência elétrica respondeu de maneira satisfatória na determinação do processo corrosivo, só que as taxas de corrosão oriundas dos cupons, e da sonda corrosimétrica podem ser utilizadas somente como uma avaliação do potencial de corrosividade do fluido escoado pelo duto e não para uma avaliação da vida remanescente do duto como um todo.

O monitoramento da corrosão em dutos é obrigatório, para verificar a confiabilidade e segurança do material dos dutos e da proteção anticorrosiva.

## 7. Referências

- [1] MOREIRA, E. - **Corrosão em Dutos e Formas de Monitoramento**. Disponível em: < [http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/6735/4437 .pdf](http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/6735/4437.pdf)>. Acessado em 07 de jan 2018.
- [2] NÓBREGA, A. C. V. - **Avaliação da Corrosão Interna em Dutos Transportadores de Gás Natural**, Rio Grande do Norte 2002. Disponível em : < [https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbecimat/2002/arqs\\_pdf/pdf.../tc301-018.pdf](https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbecimat/2002/arqs_pdf/pdf.../tc301-018.pdf)>. Acessado em 16 de jan 2018.
- [3] NÓBREGA, A. C. V. Et al. Estudo de Caso - **Corrosão Interna de Dutos Transportadores de Gás Natural**. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2, 2003, Rio de Janeiro. Disponível em: < [www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/3040.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/2/3040.pdf)>. Acessado em 22 de mai 2018.
- [4] NOGUEIRA, P. - **Avaliação da Corrosão em Dutos Rígidos Submarinos em Operação: Comparação Entre as Técnicas de Monitoramento da Corrosão Interna e Inspeção com Pigs Instrumentados**, Porto Alegre 2009. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/35608.pdf>>. Acessado em 11 de mai 2018.
- [5] Documento digital PUC- Rio N° **0912522/CA**. Disponível em: < [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20714/20714\\_3.pdf](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20714/20714_3.pdf)>. Acessado em 12 de mai 2018.
- [6] Documento digital PUC- Rio N° 0711137/CA – **Sistemas de Medição de Corrosão Interna de Dutos**. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/15689/15689\\_3.pdf](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/15689/15689_3.pdf)>. Acessado em 10 de fev 2018.
- [7] SILVEIRA, G.B. – **Análise de Cupons de Corrosão Submetidos ao Ensaio de Monitoramento**. Campos dos Goytacazes 2015. Disponível em: <[http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas\\_e\\_engenharia/article/view/676.pdf](http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/article/view/676.pdf)>. Acessado em 12 de fev 2018.
- [8] TERZI, R – **Monitoramento da Corrosão Interna em Plataformas Offshore**, Santa Cruz do Sul 2008. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/viewFile/355/312.pdf>>. Acessado em 01 de Jun 2018.