

---

Copyright 2018, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

## **Perspectivas e tendências da monitoração da corrosão na indústria de óleo e gás com a evolução dos sensores e a revolução digital.**

**Pedro Altoé Ferreira<sup>a</sup>**

### ***Abstract***

---

The oil and gas industry has been impacted throughout its history by periods of low oil barrel value and economic crises. Today we are living in a cycle where companies seek to optimize their costs in new investments and daily operations, while at the same time seeking to maintain the integrity, safety and longevity of their assets. In this context, we also have the rapid evolution of tools and products from areas like computational science, advanced materials and sensing thanks to its integration with the evolution of connectivity. This scenario brings new opportunities for industry and professionals in the area of corrosion monitoring and mitigation.

This paper presents a discussion about future trends in the industry with the evolution of connectivity and its reflexes on corrosion management and asset integrity, which can open opportunities in terms of areas of knowledge and business for the corrosion experts.

**Keywords:** corrosion, management, industry revolution.

### **Resumo**

---

A indústria de óleo e gás tem sido impactada ao longo da sua história por períodos de baixo valor do barril do petróleo e crises econômicas. Atualmente vivemos mais um ciclo onde as empresas procuram otimizar seus custos em novos investimentos e operacionais do dia a dia, mas procurando ao mesmo tempo manter a integridade, segurança e longevidade dos seus ativos. Neste contexto, temos também a evolução rápida de ferramentas e produtos oriundos da área da ciência computacional, materiais avançados e sensoriamento graças a sua integração com a evolução da conectividade. Este cenário traz novas oportunidades para a indústria e os profissionais na área de monitoramento e mitigação da corrosão.

Este artigo apresenta uma discussão sobre as tendências futuras da indústria com a evolução da conectividade e seus reflexos sobre gerenciamento de corrosão e integridade de ativos, que podem abrir oportunidades em termos de áreas de conhecimento e negócios para especialistas em corrosão.

**Palavras-chave:** corrosão, monitoração, revolução digital

### **Introdução**

---

---

<sup>a</sup> Mestre, Engenheiro de Petróleo - EMPRESA A

<sup>b</sup> Engenheiro Civil - EMPRESA B

<sup>c</sup> PHD, Engenheira Civil - EMPRESA C

A indústria de óleo e gás tem sido impactada ao longo da sua história por períodos de baixo valor do barril do petróleo e crises econômicas. Atualmente vivemos mais um ciclo onde as empresas procuram otimizar seus custos em novos investimentos e operacionais do dia a dia, mas procurando ao mesmo tempo manter a integridade, segurança e longevidade dos seus ativos. Neste contexto, temos também a evolução rápida de ferramentas e produtos oriundos da área da ciência computacional, materiais avançados e sensoriamento graças a sua integração com a evolução da conectividade.

Muitas publicações proclamam que estamos entrando ou já vivendo a chamada 4ª revolução industrial. Depois de termos passado pela primeira revolução marcada pelas máquinas a vapor e ferrovias, a segunda puxada pela eletricidade e linhas de montagem, a terceira a qual foi norteadada pela revolução digital com os computadores, chegamos na quarta a qual é formatada pelo conjunto de inovações tecnológicas como a impressão 3D, nano e biotecnologia, a inteligência artificial, internet das coisas e automação robótica.

Um dos pontos interessantes da revolução atual é que existe a possibilidade de expandirmos os limites do uso de certos materiais, o que é de interesse do engenheiro de materiais e corrosão.

Esta revolução é dita ter impactos em várias dimensões da nossa sociedade. Logo, tendemos a ter mudanças na forma que algumas empresas irão atuar, na sustentabilidade de outras empresas ou existência de algumas carreiras e serviços. Temas como cidades inteligentes (*smart cities*), internet das coisas, big data e algoritmos ou máquinas com inteligência artificial trazem grande expectativa e deslumbramento.

Provavelmente teremos mudanças significativas nesta nova era digital. Contudo, estas grandes transformações ou tendências terão de fato impacto na indústria da corrosão, por exemplo, na área de óleo e gás?

As maravilhas esperadas neste novo mundo tão revolucionário, onde poderemos imprimir nossas roupas, nos comunicar, tratar, transportar de forma mais eficiente, segura e rápida, irá de fato mudar significativamente outras áreas como a engenharia de corrosão e integridade? Provavelmente sim, mas em que profundidade?

Existe portanto, uma expectativa que estas possíveis mudanças gerem novas oportunidades de negócio para a indústria incluindo demanda de profissionais, entre elas, para a área de monitoração e mitigação da corrosão.

## **Resultados e discussão**

---

Muitas das tendências tecnológicas envolvendo a parte de materiais, sensoriamento, processamento de dados e conectividade poderá ter reflexos para melhoria do gerenciamento da corrosão e integridade da indústria de óleo e gás. Contudo, quais podem colaborar para atender as necessidades futuras de gerenciamento da corrosão e integridade, e como tais transformações podem mudar as perspectivas profissionais que temos hoje?

Para a gestão de um ativo é necessário planejá-lo considerando as premissas assumidas para o seu investimento inicial (CAPEX) e custos operacionais (OPEX), o qual inclui custos de descomissionamento, da forma mais equilibrada possível, ou seja, rentável e segura. Por outro lado, é recorrente ocorrerem problemas por falhas na fabricação, na qualidade do material, ou no seu processo de montagem. Na fase de projeto, muitos conhecimentos são considerados aplicados são oriundos de normas ou de experiências, lições aprendidas e procedimentos internos. Um dos pontos-chaves nos projetos de infra-estrutura é a adequada seleção de materiais para assegurar a sua integridade. Igualmente, na fase de operação quando análises e decisões são tomadas para garantir a continuidade operacional de forma segura. Esta necessidade de termos uma base de conhecimento sólida é contínua. Outra questão é como prolongar a vida útil de projeto das instalações que são normalmente projetadas para 25 ou 30 anos de operação. Para realizar as reanálises e garantir a extensão da vida útil é importante termos como monitorar e acompanhar ao longo da sua vida operacional muitas variáveis, como por exemplo, o desgaste à corrosão.

Para um bom gerenciamento da integridade relacionado aos fenômenos de corrosão interna e externa, vários procedimentos e instrumentos são usados de acordo com o tipo de processo, equipamento e materiais envolvidos. Por exemplo, revestimentos orgânicos ou metálicos, sistema de proteção catódica, sondas corrosimétricas, sensores de temperatura, pressão, vazão. Temos ainda cupons de corrosão e coleta de amostras de fluidos e resíduo, medidores de gases (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, umidade) ou íons seletivos, medidores de espessura intrusivos ou não, sensores de tensão, medidores de teor de água e sólidos (BSW). Para avaliar a confiabilidade operacional do sistema, este conjunto de dados coletados de diferentes fontes, alguns em tempo real, outros obtidos com diferentes periodicidades são usados por vários especialistas na mesma empresa, e em diferentes momentos.

Contudo, um dos grandes desafios é coletar e integrar em uma base única e de fácil acesso, e depois interpretar esta gama de dados. Ter uma base de dados é importante pois permite incorporarmos registros de falhas ou sucessos no uso de certos materiais e suas ligas aprimorando a base de conhecimento, e conseqüentemente a confiabilidade.

Para melhorarmos esta base de conhecimento é importante termos muitos dados e de qualidade. Por isso o acompanhamento on-line de alguns parâmetros críticos é fundamental para melhor avaliar e definir as condições limítrofes de um material ou equipamento.

Já existem equipamentos que armazenam os dados medidos, e depois manualmente via técnicos ou robôs, descarregados em algum computador ou base de dados. Contudo, com o avanço da transmissão por wifi e por fibra ótica, podemos acessar uma quantidade maior de dados.

Neste contexto, a expansão e implantação de sistemas de sensoriamento da corrosão online é de grande relevância na melhoria da gestão e confiabilidade dos ativos. A aplicação de algoritmos de análise de dados e suas tendências, agilizará a avaliação do comportamento da corrosão de um determinado material, e se as medidas corretivas estão surtindo efeito, e em que extensão.

A etapa inicial está na implantação de um sistema de sensoriamento. Hoje já temos no mercado diversas opções de sensores para monitorar muitas das variáveis críticas que impactam um processo corrosivo, como pressão, temperatura, vazão. Já existem também alguns sensores específicos de pH, H<sub>2</sub>S, e taxa de corrosão do fluido transportado, taxa de desgaste da espessura por sistemas não intrusivos, etc.. Esta gama de dados nos dá oportunidade para criarmos uma grande base de dados (Big data) da corrosão.

A integração de dados de campo com informações obtidas em estudos em escala de laboratório ou computacional, se devidamente feita e analisadas, podem dar oportunidade a grandes saltos em termos de limite de aplicação de alguns materiais, soluções de mitigação da corrosão, ou mesmo vida útil remanescente. Logo, a integração de tais sistemas de monitoração do gerenciamento da corrosão, por exemplo, associado a sistemas de detecção de vazamento e localização podem dar maior robustez e confiabilidade operacional, além de reduzir custos de investimento em projetos futuros.

No caso específico da área de dutos, já existem vários sistemas que são integrados por sensoriamento via fibra óptica distribuída. Devido a extensões quilométricas, o uso da fibra supera gargalos importantes pois elimina a necessidade de milhares de sensores e cabeamentos. A escolha de pontos significativos e importantes ao longo de um duto, pode permitir com a integração das fibras, o monitoramento do comportamento estrutural a um custo razoável. Portanto, o monitoramento e gerenciamento contínuo de tubulações ou equipamentos, permite que o operador possa tomar decisões de forma rápida em termos de operação e de manutenção.

Ainda no caso específico da área de dutos, uma questão que a tecnologia poderá ainda avançar, é no desenvolvimento de sensores de baixa energia e que pudessem ser integrados e até energizados via fibra óptica. Tal desenvolvimento ajudaria na colocação de vários sensores em pontos críticos da faixa ao longo de dezenas de quilômetros. Estudos nesse sentido poderão viabilizar em um futuro próximo a expansão do sensoriamento na área de dutos.

Como estamos vivendo uma época de evolução tecnológica acelerada, em termos de tendências do possível impacto da revolução digital para os especialistas e engenheiros de corrosão podemos vislumbrar algumas oportunidades tais como:

- O desenvolvimento de sensores específicos para monitorar a corrosão ou parâmetros críticos
- O desenvolvimento de sensores de menor custo usando nanomateriais, ou sistemas de bateria, ou baixo consumo de energia
- A criação de sistemas de análise e integração de dados de corrosão para estabelecer correlações ou algoritmos a serem incorporados em equipamentos ou sistemas de gerenciamento da corrosão/integridade desenvolvidos em ambiente empresarial seguro
- Estudos de laboratório e em escala piloto para validar conclusões que referendem novos limites ou novos mecanismos de falha sugeridos pelos softwares e sistemas de inteligência artificial
- O desenvolvimento de softwares de corrosão para gerenciamento e previsão de comportamento
- Prestação de consultoria especializada para empresas/equipes da área de ciência computacional, como: (a) auditor para avaliar a qualidade, confiabilidade, e aplicabilidade de dados disponíveis na internet em milhares de publicações científicas sobre o comportamento de certos materiais, e (b) tradutor e intérprete de dados, fenômenos e avaliador do resultado gerado na análise feita por sistemas de inteligência artificial a serem desenvolvidos.
- Na prestação de serviços de manutenção de sistemas, softwares e sensores usados no gerenciamento da corrosão
- 

Em relação a estes dois últimos pontos citados, vale comentar que existe no mercado um número grande de profissionais de ciência computacional que irão desenvolver as plataformas, estruturas de programação, base de dados. Contudo, o ensino hoje e no futuro, pelo menos a médio prazo, não dará base para que estes profissionais tenham o conhecimento que um engenheiro químico, petróleo, engenheiro de materiais ou metalúrgico têm para interpretar um processo ou desempenho de um material. O trabalho terá que ser integrado, e o trabalho de equipe multidisciplinar em algumas organizações ajudará alavancar e dar velocidade nesta expansão. Existem hoje algumas iniciativas em grandes empresas petrolíferas com a academia, por exemplo, na Noruega, procurando criar times multidisciplinares para expandir tais oportunidades da internet das coisas e ciência computacional com sistemas de inteligência artificial integrando times com profissionais com estas características: instrumentação, programação, química, materiais e corrosão.

Outro aspecto importante, que poderá ocorrer, é a normatização ou criação de novos padrões para redação de textos acadêmicos e publicações científicas, ou de relatórios internos de empresas, para que os sistemas de inteligência artificial criados para garimpar dados de desempenho de materiais possam acessar as informações de forma mais fácil e confiável. Estabelecer estes padrões pode ser também uma oportunidade para os profissionais da área de materiais e corrosão, que deve ser discutida pela comunidade deste segmento.

## Conclusões

---

A revolução digital acelerada trará novos mercados e demandas de negócios para a sociedade. Especificamente para os especialistas e engenheiros de corrosão, assumindo que estes poderão contribuir para gerar ou analisar o “big data da corrosão”, poderemos ter a intensificação de demandas tais como: desenvolvimento de sensores, sistemas de integração, softwares, e estudos representativos em escala piloto para novos limites ou novos mecanismos de falha sugeridos pelos softwares e sistemas de inteligência artificial. Isto permitirá que novos limites de confiabilidade possam ser alcançados em termos de integridade em várias indústrias.

Apesar de vislumbrarmos ganhos e oportunidades na área de corrosão com o avanço da revolução digital, um ponto a ressaltar é que por mais poderoso e robusto que sejam os futuros sistemas de inteligência artificial, a indústria demandará uma avaliação crítica feita por profissionais especializados e experientes. Esta demanda ocorrerá principalmente em indústrias cujo processo demande a tomada de decisões complexas e difíceis, envolvendo a operação além de limites de projeto inicialmente estabelecidos, ou em decisões para definir extensões da vida remanescente operacional de um equipamento.

Apesar das máquinas terem grande capacidade de armazenamento e processamento de dados, e os sistemas de inteligência poderem ter autonomia, quando o cenário da tomada de decisão envolver fatores de grande risco cujas consequências tenham grande impacto ambiental ou na segurança, a tomada de decisão com participação do ser humano continuará sendo fundamental. Portanto a atuação de especialistas auditando os sistemas de sensoriamento da corrosão e análises gerados por sistemas inteligentes será fundamental para assegurar a confiabilidade considerando ainda que temos o perigo de cyber ataques.