

Uma grande história de sucesso começa com um simples passo

Aldo Cordeiro Dutra e Vicente Gentil,
dois dos fundadores da ABRACO,
em 17 de outubro de 1968



A **Revista Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968.

ISSN 0100-1485

DIRETORIA EXECUTIVA ABRACO **Biênio 2017/2018**

Presidente

Laerce de Paula Nunes – IEC

Vice-presidente

Olga Baptista Ferraz – INT

Diretores

Adauto Riva – RENNER COATING

Carlos Patrício – BBOSCH

Danilo Sanches – ZINCOLIGAS

Eduardo Serra – INDIVIDUAL

Mauro Barreto – IEC

Zehbour Panossian – IPT

Conselho Editorial

Dra. Célia Aparecida Lino dos Santos

Dra. Olga Baptista Ferraz

Aldo Cordeiro Dutra – ABRACO

Athayde Ribeiro – ABRACO

Caroline Sousa – ABRACO

Laerce de Paula Nunes – IEC

REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO

Revisão Técnica

Aldo Cordeiro Dutra – ABRACO

Jornalista Responsável

Livia Andrade (MT 0038444/RJ)

Redação e Publicidade

ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão

Fotografias

Arquivo ABRACO, arquivos pessoais,

Adobe Stock, Can Stock Photo, Depositphotos,

Dollar Photo, Fotos Públicas, Pexels, Shutterstock

e Stock Unlimited.

A **Revista Corrosão & Proteção** é um veículo eletrônico concebido, desenvolvido e editado pela ABRACO. De acesso livre e gratuito, o periódico é publicado bimestralmente no site da Associação. A ABRACO não se responsabiliza, nem de forma individual, nem de forma solidária, pelas opiniões, ideias e conceitos emitidos nos textos, por serem de inteira responsabilidade de seus autores.

- 03** Editorial
- 05** GRANDES NOMES DA CORROSÃO
Aldo Cordeiro Dutra
Vicente Gentil
- 10** ABRACO completa
50 anos compartilhando
conhecimento e
protegendo o
meio ambiente
- 13** ARTIGO TÉCNICO
Corrosão pelo Solo:
Parâmetros, critérios de
corrosividade e proteção
anticorrosiva
Eduardo T. Serra
- 23** ARTIGO TÉCNICO
A Importância das
Técnicas Intrusivas e
Não Intrusivas
Combinadas na
Monitoração da
Corrosão Interna
Juliana de Magalhães Tinoco
- 30** ARTIGO CIENTÍFICO
Uso de polímero condutor
na produção de Tinta
Inteligente Poliuretana
Anticorrosiva
Rodrigo S. Silva
Alvaro Meneguzzi
Jane Z. Ferreira
- 40** OPINIÃO
A importância da
proteção catódica para as
grandes cidades
Mensagem da IEC
- 44** Notícias ABRACO
- 49** Agenda de eventos
- 54** Cursos Nível 1
para Profissionais de
Proteção Catódica
- 55** Programação de cursos
- 56** Empresas associadas

ABRACO 50 ANOS

17 de outubro de 2018

Nossa comemoração é a certeza de um futuro promissor

Um dos aspectos fundamentais de uma Organização é preocupar-se com a sua perenidade e eficácia. Os administradores devem, portanto, ter um enorme respeito com o passado da Organização, ter os pés firmes no presente e um olhar prospectivo no futuro.

A Organização deve antever as oportunidades e as ameaças externas e administrar com suas forças e eventuais dificuldades, as trajetórias que garantam a perenidade e o sucesso.

Os administradores devem perceber o momento mais apropriado para desenvolver ou crescer a Organização e também para simplesmente mantê-la ou criar condições de sobrevivência em momentos de extrema dificuldade. Para isso devem utilizar-se de uma gestão estratégica.

Assim tem sido a ABRACO desde os seus primórdios, sempre contou com pessoas imbuídas de espírito empreendedor e com grande visão do que é uma Associação e qual deve ser o seu papel na sociedade.

Foram cinquenta anos, o início foi difícil, como já mencionamos na revista de junho, sem sede própria, a ABRACO foi abrigada inicialmente no IBP, em seguida no Instituto Nacional de Tecnologia (INT), até que entra em cena um personagem muito importante na vida da ABRACO – Walter Marques da Silva, que atuou como Secretário Executivo por cerca de trinta anos. O Sr. Walter como o chamávamos deu uma enorme contribuição à Associação inclusive com a compra da sede própria onde a ABRACO está instalada até hoje.

Nos anos subsequentes à fundação, a Associação cresceu muito passou por momentos muito bons financeiramente e por momentos mais delicados, porém nunca deixou de cumprir os seus objetivos. Realizamos uma quantidade expressiva de eventos, entre congressos, seminários, mesas redondas e outros. Realizamos ainda centenas de cursos com milhares de participantes. Implantamos certificação de pessoas e criamos o comitê Brasileiro de Normalização em Corrosão na ABNT. Estabelecemos parcerias com entidade importantes como o IPT, o INT, o Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro, a NACE, dentre outras. Temos uma respeitável credibilidade no cenário nacional

Hoje a ABRACO está consciente da sua missão, de se reinventar a cada dia, para se abrir em parcerias eficazes, para se adequar às exigências do mundo moderno, na era do conhecimento, em um mundo globalizado, onde as relações de trabalho se modificam intensa e constantemente, onde o preparo das pessoas para solução de problemas e para enfrentar desafios será cada vez mais fundamental.

O nosso futuro já começou, parabéns ABRACO pelo seu passado, parabéns àqueles que idealizaram a Associação, parabéns aos nossos Associados jovens aos quais caberá a continuidade desta magnífica obra, que certamente será ainda maior nos próximos 50 anos.

Laerce de Paula Nunes

Presidente da ABRACO



Anuncie na Revista Corrosão & Proteção

Um veículo que leva
seu anúncio ao alcance
de quem realmente tem
interesse na área.

INFORMAÇÕES:
marketing@abraco.org.br



GRANDES NOMES DA CORROSÃO

Aldo Cordeiro Dutra

Por Laerce de Paula Nunes



Fundador da ABRACO e responsável pelo desenvolvimento da proteção catódica no Brasil

Aldo Cordeiro Dutra é um engenheiro brasileiro e estudioso da inspeção de equipamentos, da metrologia, da corrosão e particularmente da proteção anticorrosiva, pelo uso da proteção catódica, com inigualável capacidade de trabalho e de visão de futuro. Foi o profissional que desenvolveu no país o interesse pela proteção catódica, tendo concebido e implantado a Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), juntamente com o Prof. Vicente Gentil, Aldo Maestrelli e outros. É de sua autoria o primeiro livro de Proteção Catódica do Brasil juntamente com Laerce de Paula Nunes – atualmente na 5ª edição. A sua extrema capacidade de trabalho, determinação e dedicação aos interesses coletivos impactou profundamente os conceitos e os estudos da corrosão em nosso país.

O Eng. Aldo Dutra nasceu em 25/11/1929 - Vila de Assunção - Município de Itapipoca - Estado do Ceará. Fez seus primeiros estudos em casa com o pai e prosseguiu em seus estudos, inicialmente no curso ginásial e científico, até 1º ano,

no Liceu do Ceará - Fortaleza - CE, de 1946 a 1950 e posteriormente ainda no curso científico - 2º e 3º anos no Colégio Pedro II - Centro do Rio de Janeiro, em 1952 e 1953.

Em 1955 entrou na Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, graduando-se Engenheiro Mecânico, no período de 1955 a 1959. Em 1960 entrou para Petrobrás (Petróleo Brasileiro S.A.), indo para Cubatão para o Curso de Manutenção de Equipamentos de Refinarias - no CENAP/Petrobras, na Refinaria Presidente Bernardes RPBC), de janeiro a outubro de 1960, em tempo integral. Fez algumas importantes cadeiras de mestrado na COPPE/UFRJ, tais como, técnicas experimentais de corrosão - com o Prof. Walter Mannheimer, corrosão - com o Prof. Ubirajara Quarânta Cabral, e eletroquímica - com o Prof. Villas Bôas.

No ano de 1968, o Eng. Aldo Cordeiro Dutra participou de um curso do Prof. Vicente Gentil e ficou encantado com a capacidade daquele

professor em transmitir os seus conhecimentos, com a facilidade e a inigualável clareza e que havia fascinando de fato a todos.

No fim da última aula, lá pelas 22 horas, os professores estavam apresentando suas despedidas quando o aluno General Iremar de Figueiredo Ferreira Pinto questionou em voz alta: “amigos, depois de tanta coisa boa, se faz uma despedida e vamos todos embora? Perde-se tudo? O que fazer?” Foi quando o Eng. Aldo Cordeiro Dutra pediu a palavra e sugeriu que se criasse no Brasil uma associação nos moldes da *National Association of Corrosion Engineers* - NACE, dos Estados Unidos, para congregar as pessoas e as empresas interessadas no assunto. Na realidade, foi naquele momento que nasceu a ABRACO.

As principais atividades do Eng. Aldo Dutra em diversas empresas e entidades ao longo da sua vida foram:

- Tipografia Brasil, em Fortaleza, como contínuo, de 02/01/1946 a 31/08/1948.
- *Standard Oil Company of Brasil* (ESSO), em Fortaleza, iniciando como “office boy”, passando depois para “pay-roll clerk”, de 01/09/1948 a 31/01/1951.
- Escola Técnica do Exército (atual IME), no Rio de Janeiro, contratado como auxiliar do rancho, com o objetivo de trabalhar na Tesouraria, onde foi responsável por fazer a folha de pagamento dos oficiais que eram alunos da Escola, no período de 01/03/1951 a 08/04/1952.
- Banco do Brasil, no Rio de Janeiro – Agência Central, como Escriturário Auxiliar, no período de 09/04/1952 a 31/12/1959.
- Petrobras, na Refinaria de Cubarão, que incluiu o Curso de Manutenção do CENAP. Depois do curso, foi lotado na Divisão de Inspeção de Equipamentos, da Refinaria, como engenheiro de inspeção, no período de 01/11/1960 a 13/05/1962, vindo depois para a Divisão de Inspeção de Equipamentos da REDUC (Refinaria Duque de Caxias da Petrobrás), permanecendo no período de 14/05/1962 ao final de 1963, quando passou para o Serviço de Engenharia (SENGE), na sede da Petrobras, no Rio de Janeiro, continuando como Engenheiro de Inspeção, permanecendo aí até março de 1966, quando passou para o recém criado Departamento de Transporte (DETRAN, hoje Transpetro) como Chefe do Setor de Assistência Técnica, na atividade de inspeção de equipamentos, permanecendo até junho de 1970; foi nesta fase que trouxe a proteção catódica para o Brasil. Em seguida passou para o CENPES (Centro de Pesquisas da Petrobrás) a fim de implantar e chefiar o Setor de Corrosão e Estudo de Materiais, da Divisão de Química. Nesse Setor, coordenou o programa de pesquisas nas áreas de corrosão e de proteção anticorrosiva, bem como dando assistência técnica às diversas unidades operacionais da Petrobras, particularmente na tecnologia de proteção catódica. Permaneceu no CENPES até o dia 07/03/1979, quando se aposentou.
- Trabalhou como consultor independente na área de corrosão e proteção anticorrosiva até o dia 31/08/1982, quando foi convidado para atuar junto ao CEPEL.
- No CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, no Departamento de Materiais, a partir do dia 01/09/1982, dando apoio técnico ao Departamento, inclusive em corrosão, mas em especial implantando o Manual da Qualidade, assumindo depois o cargo de Assessor Especial da Qualidade do CEPEL, até o dia 30/04/1995, quando foi requisitado pelo INMETRO.
- No INMETRO assumiu, no dia 02/05/1995, a função de Assessor Especial da Diretoria de Metrologia Científica e Industrial, no Campus de Xerém, passando, em maio de 2004, para o cargo de Assessor Especial da Presidência, no Rio Comprido, onde permaneceu até o dia 31/03/2016.
- A partir de 01/02/2017 passou a prestar serviços à Diretoria da ABRACO como Consultor Especial.

Ocupou muitos e importantes cargos e teve atuações relevantes em vários episódios da vida brasileira:

- Vice-Presidente e Presidente da ABRACO em 5 mandatos ao longo de sua existência, e como membro da sua Diretoria e de membro do seu Conselho Deliberativo, em numerosos mandatos, até o ano de 2014.
- Membro do Conselho Deliberativo da Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM) em vários mandatos, desde sua fundação em 1996, ocupando cargo de diretor em vários mandatos, até 2015.
- Membro do Conselho Fiscal da Associação Brasileira de Institutos de Tecnologia e Inovação (ABIPTI) sediada em Brasília, no período de 2000 até 2014. Membro do Conselho Deliberativo do Instituto Ciência Hoje, representando a ABIPTI, no período de 2005 a 2010.
- Membro do Fórum, e depois Conselho de Defesa e Segurança, da FIRJAN, representando o Inmetro, no período de 2010 a 2015. Continuou no Conselho representando a ABRACO. Esse Conselho foi desativado, estando agora com nome de Fórum Especial de Defesa e Segurança, da mesma FIRJAN.
- Membro da Comissão de Inspeção de Equipamentos do IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustível), de forma atuante desde 1962 até a presente data.
- Juntamente com o Engenheiro Albary Peniche, da Divisão de Inspeção da RPBC, foram os primeiros brasileiros a integrar o Conselho Internacional de Corrosão, (ICC) como representantes do Brasil, por intermédio do IBP. Lembra-se que o ICC é o responsável pela realização do Congresso Internacional de Corrosão que, antigamente, se chamava *International Congress on Metallic Corrosion*, cuja 7ª edição foi realizada no Rio de Janeiro, em outubro de 1978 do qual foi o Secretário Executivo, sob a presidência do Prof. Ubirajara Cabral, na época presidente da ABRACO, conseguindo um autêntico sucesso. A ABRACO deverá

realizar novamente o congresso do ICC em 2020 em São Paulo.

- Coordenou a preparação, a aprovação e a implantação da primeira equipe de inspetores de equipamentos para os Terminais sob a responsabilidade do DETRAN (Departamento de Transporte da Petrobrás), permitindo assim, implantar essa atividade nos seus Terminais e Oleodutos: TECARMO, em Sergipe, TEMADRE, na Bahia, TEGUÁ, no Rio de Janeiro, TEBAR, em São Sebastião - São Paulo e TEDUT, no Rio Grande do Sul. Tudo isto entre 1968 e 1970. Nesta mesma época implantou e desenvolveu a atividade de proteção catódica no âmbito da Petrobrás e do Brasil, se tornando o principal divulgador desta técnica.

Depois de cinquenta anos, quando criou a ABRACO, continua atualmente com excelente saúde, plena lucidez e com o mesmo entusiasmo daquela época. Com quase oitenta e nove anos tem prestado relevantes serviços à ABRACO e ao Brasil, cabendo aqui ressaltar:

- A coordenação dos grupos que elaboram as Recomendações Práticas ABRACO;
- Participação na Comissão de Proteção Catódica do CB 43;
- Assessoramento à área de Certificação e Qualificação da ABRACO na implantação da atividade em Proteção Catódica;
- Assessoramento à Marinha do Brasil, através do Convênio ABRACO/Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro;
- Representação da ABRACO junto ao IBP, INMETRO e outras entidades;
- Representação da ABRACO junto ao Conselho de Defesa e Segurança, da FIRJAN

Por tudo isto o Eng. Aldo Cordeiro Dutra é um grande exemplo para todos nós.

Referência

Acervo da Biblioteca da ABRACO.

GRANDES NOMES DA CORROSÃO

Prof. Vicente Gentil

Por Laerce de Paula Nunes e Aldo Cordeiro Dutra



O Patrono da Corrosão no Brasil

Vicente Gentil foi um grande professor universitário brasileiro e estudioso da química e eletroquímica, especialmente nos aspectos ligados à corrosão e à proteção anticorrosiva, com uma inigualável capacidade de comunicação. Foi o profissional que desenvolveu no país o interesse pela corrosão, tendo concebido e realizado os primeiros cursos de corrosão abertos à sociedade brasileira. É de sua autoria o primeiro livro de corrosão do Brasil – atualmente na 6ª edição. A sua extrema capacidade de comunicação e dedicação impactou profundamente os conceitos e os estudos da corrosão em nossa terra.

O Professor Vicente Gentil nasceu no Rio de Janeiro, na zona norte da cidade, no dia 11 de setembro de 1928. Fez seus primeiros estudos no Colégio Metropolitano, no Meier. Em 1949 entrou para a Escola Nacional de Química, da Universidade do Brasil, na Praia Vermelha, formando-se em 1952. Em seguida, ingressou no curso de Engenharia Química, onde graduou-se em 1956. Depois de algumas missões importantes, particularmente como assistente do eminente Prof. Fritz Feigl, do Laboratório de Produção Mineral, do Departamento Nacional de Produção Mineral, foi nomeado auxiliar de ensino da própria Escola Nacional de Química, onde galgou todos os níveis da cátedra, culminando com o título máximo de Professor Emérito. No ano de 1963, o Prof. Vicente Gentil foi convidado para ministrar a disciplina de corrosão, no curso de manutenção de equipamentos da Petrobrás,

recentemente transferido para a Refinaria de Caxias, no Rio de Janeiro. Antes esse curso era realizado na Refinaria de Cubatão onde a corrosão era ensinada pelo Prof. Cecchini, do ITA. Para cumprir sua nova missão o Prof. Gentil recebeu dele todo o apoio e orientações que lhe foram muito úteis. Com isso e com sua especial capacidade pedagógica, seu curso foi realizado com grande sucesso.

Após três anos de experiência no curso de manutenção da Petrobrás, e atendendo a insistente sugestão de Aldo Maestrelli, seu amigo, que não achava justo toda aquela experiência ficasse restrita apenas a um curso da Petrobras e sim, deveria levar seus conhecimentos em corrosão para a sociedade, especialmente para o setor produtivo.

Em várias visitas a diferentes indústrias, inclusive à FIESP, Maestrelli constatou que o conhecimento da corrosão era praticamente nulo, enquanto os efeitos dela eram evidentes.

Diante desse fato, o Prof. Gentil, aceitou o desafio e deu seu primeiro curso público em agosto de 1966, durante uma semana, à noite, nas dependências da Escola de Química da UFRJ, situada na Praia Vermelha, do Rio de Janeiro. Este primeiro curso foi realmente um autêntico sucesso.

Programou-se então um segundo curso que foi realizado no mesmo local, no início de dezembro daquele mesmo ano. O Eng. Aldo Cordeiro Dutra participou desse curso e ficou encantado com a capacidade do Prof. Gentil em transmitir os seus

conhecimentos, com a facilidade e a inigualável clareza, fascinando de fato a todos.

Esse curso contava também com a colaboração de especialistas convidados, que foram os seguintes: Prof. Walter Mannheimer, da UFRJ, especialista em corrosão sob tensão fraturante; Sr. Aldo Maestrelli, da Indústria Brasileira de Pigmentos, falando sobre a importância dos pigmentos nas tintas; Comandante Hugo Lima, da Marinha do Brasil, com aula de tratamento de superfície, revestimentos inorgânicos e proteção catódica e o Professor Sabetai Demajorovic, da PUC, com revestimentos orgânicos.

No fim da última aula, lá pelas 22 horas, os professores estavam apresentando suas despedidas quando o aluno General Iremar de Figueiredo Ferreira Pinto questionou em voz alta: “amigos, depois de tanta coisa boa, se faz uma despedida e vamos todos embora? Perde-se tudo? O que fazer?” Foi quando o Eng. Aldo Cordeiro Dutra pediu a palavra e sugeriu que se criasse no Brasil uma associação nos moldes da *National Association of Corrosion Engineers* - NACE, dos Estados Unidos, para congregar as pessoas e as empresas interessadas no assunto. Na realidade, foi naquele momento que nasceu a ABRACO.

O Prof. Gentil gostou muito da ideia e nos ajudou bastante em todos aqueles preparativos iniciais para a fundação da nova associação, onde o General Iremar cuidou do estatuto e do regimento interno, usado pela ABRACO anos iniciais.

Durante o V Seminário de Inspeção do IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo) dedicado à corrosão realizado no Rio de Janeiro de 14 a 18 de Outubro de 1968, foi assinada a ata de criação da ABRACO.

O mais importante nessa primeira etapa foi que o Prof. Gentil aceitou a presidência e foi muito atuante na implantação e desenvolvimento da ABRACO, nessa época abrigada numa das salas do Instituto Brasileiro do Petróleo. Portanto o Prof. Vicente Gentil foi o primeiro Presidente da ABRACO.

Na mesma época o Prof. Gentil continuava a ministrar os cursos da Petrobrás e em 1970 transformou a sua apostila usada naquela empresa,



Ao lado, Prof. Vicente Gentil no Laboratório da Escola de Química da Universidade do Brasil e, abaixo, no Seminário do IBP, de criação da ABRACO em 1968



na primeira edição do livro de Corrosão que, até hoje, em sua 6ª Edição, é um sucesso absoluto.

Com a criação da ABRACO, os cursos dele foram intensificados, dando-lhe também uma ampla divulgação dos seus conhecimentos sobre a corrosão, possibilitando ajudar na solução de muitos problemas dos vários segmentos do nosso setor produtivo. Essa foi sua etapa mais produtiva que o manteve em atividade pelo resto de sua vida. E, para manter seu nome sempre lembrado a ABRACO denominou a sua principal sala de aulas com o seu nome e criou o Prêmio Vicente Gentil, para o melhor trabalho do nosso Congresso Brasileiro de Corrosão.

O Prof. Gentil nos deixou no dia 16 de janeiro de 2008 e foi sepultado, para tristeza de todos os corrosionistas, no Cemitério do Caju, no Rio de Janeiro.

Referência

Acervo da Biblioteca da ABRACO.

ABRACO completa 50 anos compartilhando conhecimento e protegendo o meio ambiente

Em entrevista,
profissionais das empresas
parceiras falam sobre
futuro da Associação

No próximo dia 17 de outubro, a ABRACO (Associação Brasileira de Corrosão) completa seu cinquentenário. Desde sua fundação, a entidade vem contribuindo com soluções em relação aos problemas de corrosão em território nacional para diminuir seus efeitos sobre os equipamentos e materiais das indústrias, além de promover conhecimento científico e tecnológico nessa área através de cursos, seminários, congressos, palestras e eventos em geral.

Durante esses 50 anos, a Associação passou por diversos desafios, principalmente no cenário econômico. Porém, a instituição conseguiu dar a volta por cima e hoje conta com associados, que são divididos nas modalidades de patrocinadores, coletivos e individuais. A ABRACO também possui acordo de cooperação com entidades, como o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), INT (Instituto Nacional de Tecnologia), CTDUT (Centro de Tecnologia em Dutos), Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro e NACE International (The Worldwide Corrosion Authority).

Mesmo depois de cinco décadas, a entidade continua a todo vapor servindo à sociedade, promovendo conhecimento voltado para os métodos

de proteção contra corrosão, certificação de pessoas, bem como a troca de experiências. Em relação ao futuro, a ABRACO juntamente com as empresas parceiras têm muitos planos.

A engenheira química da Marinha do Brasil, Idalba Souza, espera que a Associação permaneça sendo referência nacional na área de corrosão, proteção/prevenção corrosiva e pintura. E que continue a sua política de difundir e incentivar a monitoração do processo corrosivo, bem como adotar políticas e contribuir para procedimentos técnicos visando à diminuição da corrosão. “No caso da Marinha do Brasil (MB), a relação com a ABRACO contribui para a redução dos gastos com manutenção e com o aumento da disponibilidade dos meios navais, aeronavais e de Fuzileiros Navais”, explicou.

Já a pesquisadora Juliana Cardoso, do IPT, acredita que para continuar tendo sucesso nessa empreitada é essencial participar cada vez mais das mídias digitais e redes sociais. “O dinamismo atual e a velocidade com que as informações são compartilhadas devem ser utilizados pela ABRACO, daqui para frente, como ferramenta para atingir cada vez mais profissionais, empresas e estudantes”, observou.

Nos próximos dez anos, o engenheiro de equipamentos da Petrobras, João Klausing, deseja ver a indústria nacional de volta à atividade plena, com desemprego em baixa e o País em crescimento. “Neste cenário, a Associação

poderá auxiliar os profissionais promovendo cursos, seminários, congressos, certificações e coordenando normas técnicas. Espero que a Certificação de Proteção Catódica atinja a grande maioria dos profissionais envolvidos com esta atividade”, declarou João Klausing.

A Associação Brasileira de Corrosão tem o potencial de agregar valores a todas suas instituições parceiras, bem como profissionais da área e estudantes de nível técnico e superior. Entre seus benefícios, Anderson Teixeira Kreischer, gerente de projetos da IEC (Instalações e Engenharia de Corrosão), citou o networking - rede de relacionamentos profissionais e o fato de proporcionar e multiplicar conhecimento.

“O cultivo de relações com os diversos setores da corrosão fortalece a comunidade como um todo, principalmente pela difusão do conhecimento técnico e pela troca de experiência em um ambiente neutro. Outra atividade benéfica são os cursos de qualificação e as certificações, que dão a possibilidade dos profissionais se manterem atualizados e capacitados a desenvolver suas atividades”, destacou Anderson.

De acordo com Idalba, essas capacitações têm a finalidade de avaliar processos corrosivos, conduzir a ações corretivas, melhorar a proteção e atuar preventivamente, além de possibilitar a atualização de novos métodos e técnicas. “A ABRACO também faz estudos de casos específicos, como exemplo na área naval, a corrosão em estruturas de apoio de linha de eixo”, acrescentou.

Ainda segundo a referida engenheira química, existem planos vislumbrados para estreitar a relação da Marinha com a ABRACO. “A ampliação de parcerias que permitam melhorar a capacitação dos setores responsáveis por propor soluções anticorrosivas, bem como do Departamento de Inspeções e Testes do AMRJ (Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro), a fim de qualificar o pessoal daquele setor a adquirir e aprimorar capacitação em efetiva proteção catódica; e a



Idalba Souza



Anderson Teixeira Kreischer

monitoração da corrente proteção catódica dos cascos dos navios em Período de Manutenção Geral (PMG), na MB”, destacou Idalba.

Juliana do IPT salientou que a qualificação dos profissionais atuantes na área de prevenção da corrosão é essencial para o correto emprego das medidas mitigadoras. “A corrosão é um fenômeno impiedoso, uma vez que não existe proteção parcial: o profissional entende o que precisa ser feito e aplica a proteção corretamente ou será uma questão de tempo até prejuízos ocorrerem”, disse.

Todos os setores têm sofrido com os impactos das tecnologias e a área de corrosão não é diferente. Novos materiais, produtos e técnicas de prevenção e monitoração da corrosão estão constantemente surgindo no setor.

Para Anderson, a Associação é fundamental para divulgar essa modernização, isso pode ocorrer com a organização de congressos, simpósios, seminários e workshops. “Estes eventos são vitais para a disseminação das novas tecnologias e práticas que surgem no setor de corrosão. Além disso, outro papel da ABRACO é a formação de profissionais que devem sempre se atualizar para não se tornarem obsoletos”, completou o profissional.

João Klausing acredita que os avanços na prevenção da corrosão têm acontecido principalmente na área da química e da metalurgia. Para o engenheiro de equipamentos da Petrobras, o desenvolvimento da nanotecnologia e o uso cada vez maior de ligas mais resistentes à corrosão já são uma realidade e a expectativa é que muitas novidades surjam nos próximos anos.

Entre os desafios enfrentados no combate à corrosão, João destacou a produção de óleo no pré-sal como o maior em sua empresa. “Tem muitos contaminantes, que acabam aumentando as taxas de corrosão. Outro aspecto importante que ganhou forças nos dois últimos anos é a avaliação e prevenção de corrosão sob tensão em dutos terrestres”, comentou.

Relação das empresas com a ABRACO

Para continuar tendo progresso, a Associação teve grandes incentivadores e fomentadores como a Petrobras, IEC, IPT e Marinha do Brasil. Constantemente, os engenheiros e especialistas dessas entidades são indicados para os cursos disponibilizados pela entidade.

Com o AMRJ, foi firmado um “Protocolo de Intenções” em junho de 2017 para monitoração, ações corretivas e preventivas de casos de corrosão; assessoria técnica; participação em cursos, seminários e workshops patrocinados pela Associação. Documento esse onde estão previstos cursos na Escola Técnica do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (ETAM) e assessoramento técnico para a avaliação do desempenho dos sistemas de proteção catódica dos navios em manutenção no Arsenal, dentre outras atividades no campo da corrosão.

Já a IEC é associada e fortemente atuante na ABRACO. Além de associados individuais, há dois funcionários em áreas estratégicas na Associação. O entrevistado Anderson destacou o atual presidente Laerce Nunes e o diretor Mauro Barreto. Além de ter profissionais no Comitê Brasileiro de Corrosão – ABNT/CB-43, que foi proposto pela entidade em 2000.

“A IEC também é anunciante na revista Corrosão & Proteção e participante assídua nos eventos promovidos pela ABRACO. A empresa vem contribuindo ao longo dos anos com a participação de seus profissionais em diversos setores, que vão da presidência até instrutores. Em contrapartida, a Associação contribui com capacitação de profissionais e principalmente para o networking - rede de relacionamentos profissionais, por possibilitar a integração e troca de experiência entre as diversas áreas da corrosão”, acrescentou o gerente de projetos.

De acordo com Juliana, a ABRACO e o Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo têm um convênio desde 2006. “Convivo diariamente com pessoas atuantes na Associação, envolvidos na gestão (Dra. Zehbour Panossian), organização



João Klausling



Juliana Cardoso

de eventos (Dra. Zehbour Panossian, Neusvaldo Lira de Almeida e Telma Santos Araujo) e professores e auxiliares nos cursos (Neusvaldo Lira de Almeida, Anna Ramus de Almeida, Marcio Bispo de Almeida, Rafael Augusto Camargo e Emerson Simão Pereira). Eu, particularmente, já participei dos congressos da ABRACO como palestrante e moderadora e gostaria de participar cada vez mais”, disse a pesquisadora.

Anderson considera que o papel da Associação perante a sociedade é garantir a integridade de ativos, proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos da corrosão. “A ABRACO se faz cada vez mais útil, pois demonstra que está disposta atuar em diferentes segmentos de prevenção da corrosão. Tenho observado, principalmente nos últimos anos, que a Associação está indo além da pintura industrial e proteção catódica, mostrando que todos os setores da corrosão são igualmente importantes”, ressaltou.

A engenheira química da Marinha do Brasil evidenciou que a Associação conscientiza a sociedade sobre a necessidade de gerenciar o problema da corrosão. “O seu custo econômico e o seu custo ambiental (decorrente da obsolescência precoce de materiais que poderiam durar mais tempo)”, finalizou Idalba.

CORROSÃO PELO SOLO - PARÂMETROS, CRITÉRIOS DE CORROSIVIDADE E PROTEÇÃO ANTICORROSIVA



Eduardo T. Serra

Graduado em Engenharia Metalúrgica pelo IME em 1970, Mestre em Ciências (1975), Doutor em Ciências (1980) em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela COPPE/UFRJ e Diretor da ES+PS Consultoria
eduardoserra20@gmail.com

Resumo

A corrosão de estruturas metálicas em contato com o solo sempre foi um sério problema de engenharia e de economia. Poucos países possuem estatísticas referentes ao custo da corrosão pelo solo ou àqueles correspondentes aos sistemas de proteção, porém existe uma concordância de que o solo é responsável por uma parcela ponderável dos custos globais da corrosão em qualquer país. Além dos custos diretos decorrentes da substituição do metal afetado e da aplicação dos sistemas de proteção, devem ser considerados os custos, provavelmente maiores, resultantes indiretamente do processo de corrosão. Dentre estes podem ser mencionados os lucros cessantes, a perda de fluidos valiosos, a interrupção dos sistemas elétricos e de comunicação, o superdimensionamento das estruturas, a utilização de materiais mais caros por desconhecimento dos fenômenos de corrosão, e a perda de vidas e instalações decorrentes de acidentes. Inicialmente, quase que a totalidade dos problemas de corrosão pelo solo eram atribuídos à presença das correntes de fuga, porém como diversos problemas sérios de corrosão não podiam ser explicados através destas, os solos passaram a ser considerados como meios corrosivos e foram iniciados diversos trabalhos com o objetivo de relacionar as propriedades do solo à corrosão dos metais enterrados..

Palavras-chave: corrosão pelo solo, corrosividade dos solos, proteção anticorrosiva.

Abstract

Corrosion of metal structures in contact with the ground has always been a serious engineering and economic problem. Few countries have statistics on the cost of soil corrosion or those corresponding to protection systems, but there is agreement that the soil accounts for a significant share of the overall costs of corrosion in any country. In addition to the direct costs of replacing the affected metal and the application of protection systems, the costs, probably higher, resulting indirectly from the corrosion process should be considered. These include loss of profits, loss of valuable fluids, interruption of electrical and communication systems, oversizing of structures, use of more expensive materials due to lack of knowledge of corrosion phenomena, and loss of life and resulting installations of accidents. Initially, almost all soil corrosion problems were attributed to the presence of leakage currents. However, since several serious corrosion problems could not be explained through them, soils were considered a corrosive medium and several projects with the objective of relating soil properties to the corrosion of buried metals were realized.

Palavras-chave: soil corrosion, soil corrosiveness, corrosion protection.

1. Introdução

A abordagem do solo como meio corrosivo, embora importante sob diversos aspectos, não é encontrada com facilidade na literatura, principalmente, associando o processo de corrosão aos fundamentos eletroquímicos da corrosão (Serra, 2014). A partir da premissa que o solo é um meio corrosivo apresentam-se de forma objetiva as técnicas de avaliação da agressividade dos solos aos metais, possibilitando que sejam tomadas as medidas de proteção anticorrosiva já na fase de projeto das instalações.

2. Agressividade dos Solos

A agressividade do solo aos metais pode ser dividida em agressividade específica e agressividade relativa. A primeira depende das propriedades físico-químicas e biológicas do solo enquanto que a segunda se relaciona à formação das pilhas de longo alcance, às pilhas galvânicas e às correntes de fuga. As chamadas pilhas de longo alcance são comuns nos solos de alta condutividade e nas estruturas de grande extensão (tubulações). Estas pilhas decorrem do contato da estrutura metálica com solos de diferentes concentrações de oxigênio, ou de diferentes concentrações de sais ou ainda por condições superficiais diferentes na estrutura.

As pilhas galvânicas decorrem da ligação de metais diferentes e em contato com o solo. Estas situações são comuns nos sistemas de aterramento elétrico.

As correntes de fuga, também denominadas correntes parasitas, produzem o fenômeno conhecido por corrosão eletrolítica. As correntes de fuga são originadas pelos sistemas de tração elétrica, pelas máquinas de solda, pelos sistemas de proteção catódica por corrente impressa ou por sistemas monopolares de transmissão de energia elétrica por corrente contínua. O fluxo de corrente alternada na interface metal solo, embora em menor intensidade também pode acelerar o processo de corrosão (Serra, 1979; Serra, 2000).

Se a agressividade relativa do solo é função de condições externas capazes de modificar o processo de corrosão, a agressividade

específica do solo está, por sua vez, intimamente ligada às propriedades locais do solo, podendo, portanto, variar de uma forma muito ampla devido a variedade de composições dos solos. Os principais fatores que afetam a agressividade específica do solo são o teor de umidade, a acidez ou a alcalinidade, a permeabilidade ao ar e à água (função da compactação e textura), e a presença de sais solúveis e microorganismos. A maioria destes fatores afetam a resistividade elétrica do solo, a qual apesar de ser uma boa medida de avaliação de sua agressividade específica, não deve ser considerada isoladamente na classificação dos mesmos. Os solos frequentemente possuem características e propriedades que atuam de forma conjunta, podendo até em determinados casos, algumas o classificarem como agressivo e outras como não agressivo. A análise isolada de uma ou outra propriedade do solo pode, portanto, mascarar a caracterização da sua agressividade.

Nos solos aerados, embora a taxa de corrosão localizada por pites seja inicialmente elevada, ela diminui rapidamente com o tempo devido à abundância de oxigênio, o qual permite a formação e precipitação de produtos de corrosão junto ao metal. Nos solos não aerados os produtos de corrosão permanecem no estado não oxidado tendendo a difundir através do solo sem formar películas protetoras. Neste caso não se observa diminuição da taxa de corrosão por pite. A aeração pode afetar a corrosão pelo solo não somente pela ação direta do oxigênio na formação dos produtos de corrosão como indiretamente através da reação do oxigênio com agentes orgânicos complexantes ou despolarizantes diminuindo a possibilidade de estimulação das células de ação local e também atua sobre a ação dos microorganismos que causam a corrosão microbiológica.

3. Avaliação da Agressividade dos Solos

O acompanhamento do processo de corrosão, através de medidas de perda de peso ou da profundidade de pite, nas condições reais de

aplicação do material são, sem dúvida, as formas mais precisas e confiáveis de se avaliar a agressividade de um solo. Este acompanhamento deve no entanto ser conduzido durante períodos longos, muitas vezes incompatíveis com os projetos de engenharia.

Por este motivo, foram propostos diversos critérios de avaliação da agressividade dos solos a partir do conhecimento das suas propriedades ou através de técnicas eletroquímicas.

A interdependência dos fatores relacionados às propriedades físico-químicas dos solos que influenciam a agressividade do mesmo faz com que estes critérios considerem a combinação de algumas propriedades. Dentre estes critérios podem ser mencionados aqueles baseados na medida da resistividade do solo, no teor de sais solúveis presentes, na acidez total, no potencial de oxirredução e no teor de umidade presente (Gotlieb, 1970, Booth, 1967). Os solos com baixos valores de potencial de redox proporcionam um ambiente adequado ao desenvolvimento de bactérias redutoras de sulfatos. Outros métodos de avaliação com base nas propriedades dos solos podem ser encontrados na literatura (Girard, 1970; Stratfull, 1961, NBS, 1962), porém a metodologia mais abrangente foi concebida por (Trabanelli, 1972), na qual para cada propriedade do solo (resistividade, potencial redox, pH, umidade, teor de cloretos, sulfatos e sulfeto), são atribuídos índices parciais que são, posteriormente, compostos para fornecer o índice global de agressividade.

Os ensaios eletroquímicos para avaliação da agressividade dos solos têm como objetivo evitar os longos períodos de exposição, necessários nos ensaios de perda de peso, e proporcionar índices de agressividade em conjunto com as propriedades físico-químicas do solo. O primeiro método eletroquímico utilizado como critério de avaliação da agressividade dos solos foi proposto por (Schwerdtfeger, 1952) onde a corrente de corrosão era inferida a partir das curvas de polarização do metal no solo e de uma expressão empírica que relacionava os comportamentos anódico e catódico. A técnica revelou-se imprecisa

e teve baixa aceitação. Dentre os diversos métodos eletroquímicos empregados para determinação de taxas de corrosão destacam-se os de resistência de polarização, dos três pontos, dos dois eletrodos e de extrapolação das tangentes de Tafel (Serra, 1979, Serra 1981). Recentemente, passou-se a estudar a aplicação das técnicas de impedância eletroquímica e de ruído eletroquímico. Ainda pendente de ter a sua eficácia comprovada encontra-se a técnica de injeção de corrente, com a qual pretende-se avaliar o grau de avanço do processo corrosivo em estruturas de aço galvanizado enterradas (Sebrão, 1996).

A descrição resumida de cada um destes métodos eletroquímicos e alguns resultados obtidos em solos encontra-se em (Serra, 2014). Cabe destacar, contudo, que existe uma grande diferença entre a utilização de técnicas eletroquímicas em laboratório e em condições reais de campo. Em laboratório, a reprodutibilidade dos ensaios é aceitável e, em geral, as interferências externas podem ser eliminadas. Em campo, a heterogeneidade do solo, a complexidade geométrica das estruturas e as interferências externas constituem os principais fatores que dificultam tanto a reprodutibilidade dos ensaios quanto a interpretação dos resultados. Desta forma, a utilização de técnicas eletroquímicas em condições experimentais de campo, com a finalidade de obtenção valores absolutos de taxas de corrosão devem ser consideradas com as devidas cautelas. Os resultados obtidos devem ser utilizados como indicativos de uma tendência de corrosão e devem estar acompanhados de ensaios relativos à caracterização da agressividade do solo com base em suas propriedades físico-químicas.

4. Proteção Anticorrosiva

A especificação do sistema de proteção de uma estrutura metálica enterrada, independentemente dos aspectos econômicos a ela associados, depende de um conjunto de fatores relacionados tanto à agressividade específica do solo (composição química, pH, capacidade de retenção de água, presença de bactérias)

quanto à agressividade relativa do mesmo e inerente a ações externas (pares galvânicos, heterogeneidades do solo, correntes de interferência). Outros fatores também têm influência na especificação do sistema de proteção anticorrosiva tais como o tipo, a utilização e a geometria da estrutura que está sendo considerada. As condições locais para aplicação dos revestimentos ou para a execução de reparos, ao longo da vida útil da instalação, também devem ser considerados na fase de projeto e especificação do sistema de proteção. Para facilitar o entendimento da apresentação, é importante se fazer uma separação entre a proteção anticorrosiva com revestimentos das estruturas enterradas, que em geral não têm um sistema de proteção catódica associado e, portanto, o revestimento constitui a proteção final, e aquelas em que os revestimentos são aplicados em conjunto com os sistemas de proteção catódica.

No primeiro grupo, encontram-se as estruturas que se caracterizam por terem uma área exposta limitada, por constituírem unidades isoladas ou por possuírem uma geometria complexa. Estas, geralmente, recebem proteção anticorrosiva somente na forma de revestimentos protetores, que podem ser metálicos ou orgânicos.

No segundo grupo encontram-se os oleodutos, gasodutos, adutoras e tanques de armazenagem, onde o sistema de proteção anticorrosiva, em geral, é constituído pela combinação de aplicação de revestimentos e proteção catódica.

4.1 Revestimentos metálicos

Com exceção dos metais utilizados em malhas de aterramento elétrico, a maior parte das estruturas metálicas (fundações, tanques, tubulações) em contato direto com o solo é fabricada em aço carbono ou em aço de baixa liga. Estas estruturas, se não forem protegidas adequadamente, não serão capazes de resistir à vida útil esperada para as instalações, mesmo quando em contato com solos de baixa agressividade.

Dentre as estruturas metálicas que utilizam revestimentos de zinco como proteção anticorrosiva encontram-se as fundações de torres

de linhas de transmissão de energia elétrica, os postes de iluminação ou de distribuição de energia elétrica, as hastes de ancoragem de estruturas em geral, as tubulações de aço corrugado utilizadas em rodovias como condutos de água e as pequenas redes de distribuição de água ou de outros fluidos classificados como não-perigosos. Os revestimentos de zinco empregados nestas estruturas são, na maioria das aplicações, obtidos pela técnica de imersão a quente (galvanização).

O grau de proteção conferido pelo revestimento é função da massa de zinco presente, desde que o mesmo tenha sido aplicado de forma adequada e se encontre uniformemente distribuído. Recomenda uma quantidade mínima de 600 g de Zn/m² (85 µm) em solos inorgânicos oxidantes e de 900 g de Zn/m² (125 µm) em solos inorgânicos redutores capaz proporcionar uma proteção adequada por cerca de 15 anos. Nos solos orgânicos, naqueles caracterizados como altamente redutores ou nos solos contendo cinzas, os revestimentos de zinco são ineficientes como sistema de proteção.

Algumas organizações, em função das dificuldades de inspeção periódica de estruturas enterradas, recomendam utilização da sobregalvanização (1500 g de Zn/m²) e, em alguns casos, em função da agressividade local do solo e da natureza da mesma, o sobredimensionamento da estrutura.

As fundações em grelha das torres de linhas de transmissão são constituídas por perfis de aço galvanizado cuja especificação, em geral, é idêntica àquela dos perfis expostos à atmosfera e o revestimento de zinco possui espessura da ordem de 100 a 130 µm (715 a 930g Zn/m²). Para grande parte dos solos brasileiros um revestimento de zinco com esta espessura é suficiente para proteger a parte enterrada das estruturas ao longo da vida útil projetada para as torres de transmissão, entretanto em algumas situações há necessidade de uma proteção adicional (interface solo/atmosfera, heterogeneidade do reaterro, grau de compactação, pilhas galvânicas com sistemas de aterramento, etc.).

4.2 Revestimentos orgânicos

O emprego de revestimentos orgânicos como sistema de proteção contra a corrosão pelo solo para estruturas e equipamentos de pequeno porte não é tão frequente como no caso de oleodutos, gasodutos, adutoras e tanques. A proteção adicional das estruturas de aço galvanizado enterradas, com revestimentos betuminosos aplicados a quente, foram, gradativamente, substituídos por esquemas de pintura.

Os sistemas de proteção por meio de esquemas de pintura, para emprego em solos, limitam-se às estruturas de pequeno porte e devem satisfazer características tais como: facilidade de aplicação, boa aderência e resistência à abrasão e impacto, baixa permeabilidade, resistência à umidade e à ação de bactérias. O esquema de pintura à base de tinta epóxi – alcatrão de hulha tem sido empregado com sucesso como proteção adicional ao revestimento de zinco nas estruturas enterradas, quando são tomados os cuidados necessários de preparação de superfície, de forma a proporcionar uma boa aderência do revestimento ao substrato. Um exemplo desta proteção adicional por pintura de estruturas de aço galvanizado são as fundações de torres de transmissão de energia elétrica, mormente na região de interface solo/atmosfera. Entretanto, existe uma tendência acentuada de se passar a usar cada vez menos estes tipos de tinta em função da elevada toxidez da resina de alcatrão de hulha. Como alternativa, podem ser usadas tecnologias de tintas epóxis livres de alcatrão (*tar free*), já existentes no mercado, como, por exemplo, tintas epóxis *novolac* e tintas epóxis isentas de solventes orgânicos e de alta espessura. Os revestimentos de alta espessura com tintas epóxis em pó termocuráveis (*fusion bonded epoxy - FBE*), também têm sido utilizadas com sucesso no Brasil.

Quando se trata de estruturas de grande porte seja armazenagem ou transporte de fluidos a situação ideal, pelo menos sob o aspecto conceitual, seria o isolamento completo do meio agressivo (solo) para eliminação do processo eletroquímico da corrosão. Para tanto, o revestimento teria que ser um dielétrico perfeito, poder ser

aplicado sem qualquer falha e manter-se intacto ao longo de toda a vida útil da estrutura metálica. Tais requisitos, mesmo que pudessem ser atendidos, representariam um custo inaceitável para um projeto de engenharia. Desta forma, embora os revestimentos sejam considerados a primeira linha de defesa contra a corrosão de tubulações enterradas como oleodutos, gasodutos, adutoras e os tanques de armazenagem de combustíveis, que requerem sistemas de proteção com revestimentos eficazes, na maioria das situações estão associados a sistemas de proteção catódica para garantir a proteção nos pontos de falha dos revestimentos.

A seleção correta do revestimento a ser utilizado em uma instalação de grande responsabilidade tem um impacto decisivo na vida da mesma e repercussões significativas nos custos operacionais, seja do sistema de proteção catódica associado ou de manutenção da própria instalação.

As características desejadas para que um revestimento efetivamente desempenhe a função de barreira ao processo de corrosão pelo solo seriam: alta rigidez dielétrica para constituir-se em um isolante elétrico eficaz ao longo da vida útil da estrutura; impermeabilidade à água; aplicabilidade e facilidade de reparo; aderência à superfície metálica; capacidade de resistir ao aparecimento de defeitos pontuais ao longo da vida útil; capacidade de resistir, sem danos, às operações de armazenagem, transporte e instalação da estrutura; resistência ao descolamento catódico; baixa toxidez e compatibilidade ambiental.

A história dos revestimentos anticorrosivos para estruturas enterradas remonta ao início do século passado e o uso de alcatrão de piche e asfalto constituíam as opções de menor custo e maior disponibilidade. Por estes motivos, foram utilizados em larga escala e ainda hoje podem ser encontradas estruturas enterradas operando com estes revestimentos. Atualmente, os proprietários e operadores destas instalações possuem uma gama de opções muito maior para proteção anticorrosiva. Uma classificação de alguns revestimentos foi apresentada por Norsworthy(1999), relacionadas a características tais como tensões do solo, aderência,

preparação de superfície, requisitos da proteção, exigências de manuseio e cuidados na instalação, reparo, sistemas complementares para as emendas, curvas e demais componentes, e o processo de aplicação. Os revestimentos avaliados foram: fitas de polietileno com duas ou três camadas (PE) e de PVC com adesivo;

manta de poliolefina reticulada sobre tecido com adesivo (WGF); fitas aplicadas a quente à base betume suportado por tecido de fibras orgânicas ou inorgânicas (HAT); fitas contendo parafina (WAX) ou subprodutos de refino (PET) sobre tecido impregnado com plastificantes e inibidores de corrosão e, em geral, suportadas em PE ou PVC para conferir proteção mecânica; luvas termo-contráteis (SSL) fabricadas com um termoplástico reticulado, em geral PE. Uma avaliação semelhante para as mesmas características, abrangendo um outro conjunto de revestimentos, foi conduzida por Geary (2000).

Os sistemas de proteção anticorrosiva com três camadas, para estruturas enterradas estão normatizados pela ABNT NBR 15221-1(Partes 1, 2 e 3). A Parte 1 corresponde ao sistema composto por uma camada de FBE, outra de adesivo de polietileno e camada final de polietileno extrudado. A Parte 2 refere-se também a um sistema de três camadas, porém a camada final é de polipropileno. A Parte 3 descreve um sistema de uma única camada à base de FBE.

A Figura 1 apresenta a configuração típica de sistemas de proteção multicamadas.

4.3 Proteção Catódica

Os sistemas de proteção catódica representam a forma de proteção mais empregada e eficiente no controle da corrosão de estruturas enterradas e, em geral, estão associados a outras técnicas de proteção anticorrosiva e, particularmente, aos revestimentos orgânicos. A aplicação da proteção catódica, de acordo com critérios corretos de projeto e com programas de monitoramento e manutenção adequados, praticamente suprime o processo de corrosão dos metais integralmente imersos em um eletrólito. No início da década de 20 do século XX, a proteção catódica começou a ser utilizada de forma extensiva na proteção anticorrosiva dos oleodutos enterrados nos campos de petróleo explorados na costa do Golfo do México.

A proteção catódica dos metais no solo pode ser efetuada através de um sistema galvânico com o emprego de anodos de sacrifício ou através da imposição de uma corrente externa. No sistema galvânico, ilustrado de forma esquemática na Figura 2, um anodo, normalmente de magnésio ou zinco, é colocado adjacente à estrutura, a qual encontra-se conectado eletricamente. Nesta célula de corrosão (célula galvânica) a estrutura metálica representa a região catódica, na qual não ocorrem reações de oxidação. O fluxo de corrente, devido a diferença de potencial entre a estrutura e o anodo, se faz através do solo, do anodo para a estrutura. O sistema galvânico deve ser

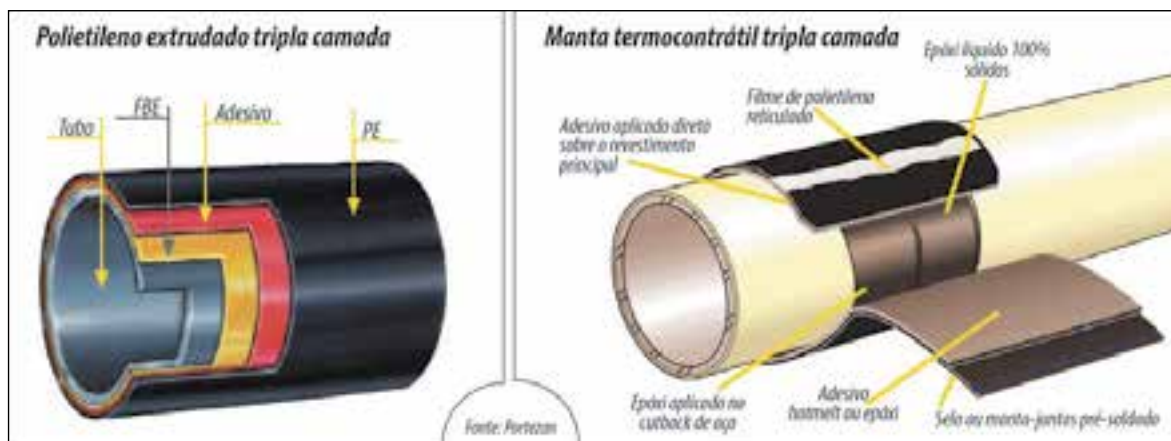


Figura 1 – Configuração esquemática de sistemas de proteção anticorrosiva multicamadas.

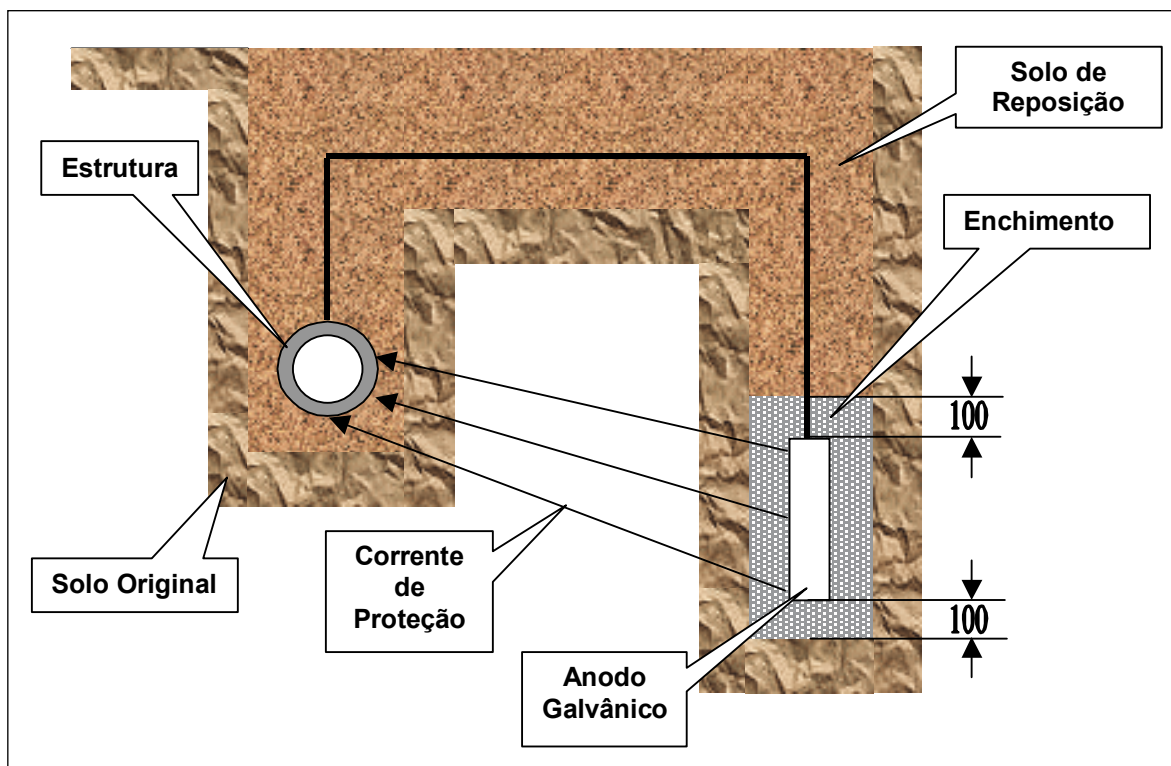


Figura 2 - Sistema de proteção catódica por anodos de sacrifício.

instalado somente em situações que exijam valores de corrente de proteção relativamente baixos. O emprego deste sistema também está limitado pela resistividade do solo, a qual não pode ser superior a cerca de 3.000 cm. Este sistema também se mostra ineficaz quando os fenômenos de corrosão são decorrentes da presença de correntes de fuga.

O outro sistema de proteção catódica empregado na proteção anticorrosiva de estruturas enterradas, utiliza uma fonte de corrente contínua externa para impor um fluxo de corrente através do solo entre um anodo inerte e a estrutura enterrada. Este sistema denominado de proteção catódica por corrente impressa está representado, esquematicamente, na Figura 3.

Na proteção catódica por corrente impressa, os anodos também são utilizados em contato com material de enchimento, com os mesmos propósitos mencionados para os anodos galvânicos. Neste caso, o enchimento é constituído por moinha de coque com uma mistura de três a quatro partes de gesso hidratado (sulfato de

cálcio hidratado - $\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e uma parte de cloreto de sódio (NaCl).

O sistema de proteção por corrente impressa não tem o seu campo de aplicação limitado pela extensão da área a ser protegida ou pela resistividade do solo, porém, está condicionado à existência de uma fonte externa de corrente. Até recentemente este fato restringia o uso do sistema de proteção catódica por corrente impressa às estruturas enterradas em locais com disponibilidade de suprimento de energia elétrica através das redes normais de distribuição e aos locais em que poderiam ser instalados grupos geradores autônomos. Esta limitação já é possível de ser contornada, embora ainda acarrete em custos mais elevados, através da utilização de painéis fotovoltaicos ou a termogeradores como fonte externa de corrente contínua. A utilização destas fontes de energia para aplicação em locais remotos ou em estruturas isoladas torna esta forma de proteção tecnicamente viável e, dependendo da situação, também com um custo compatível com a importância da instalação a ser protegida.

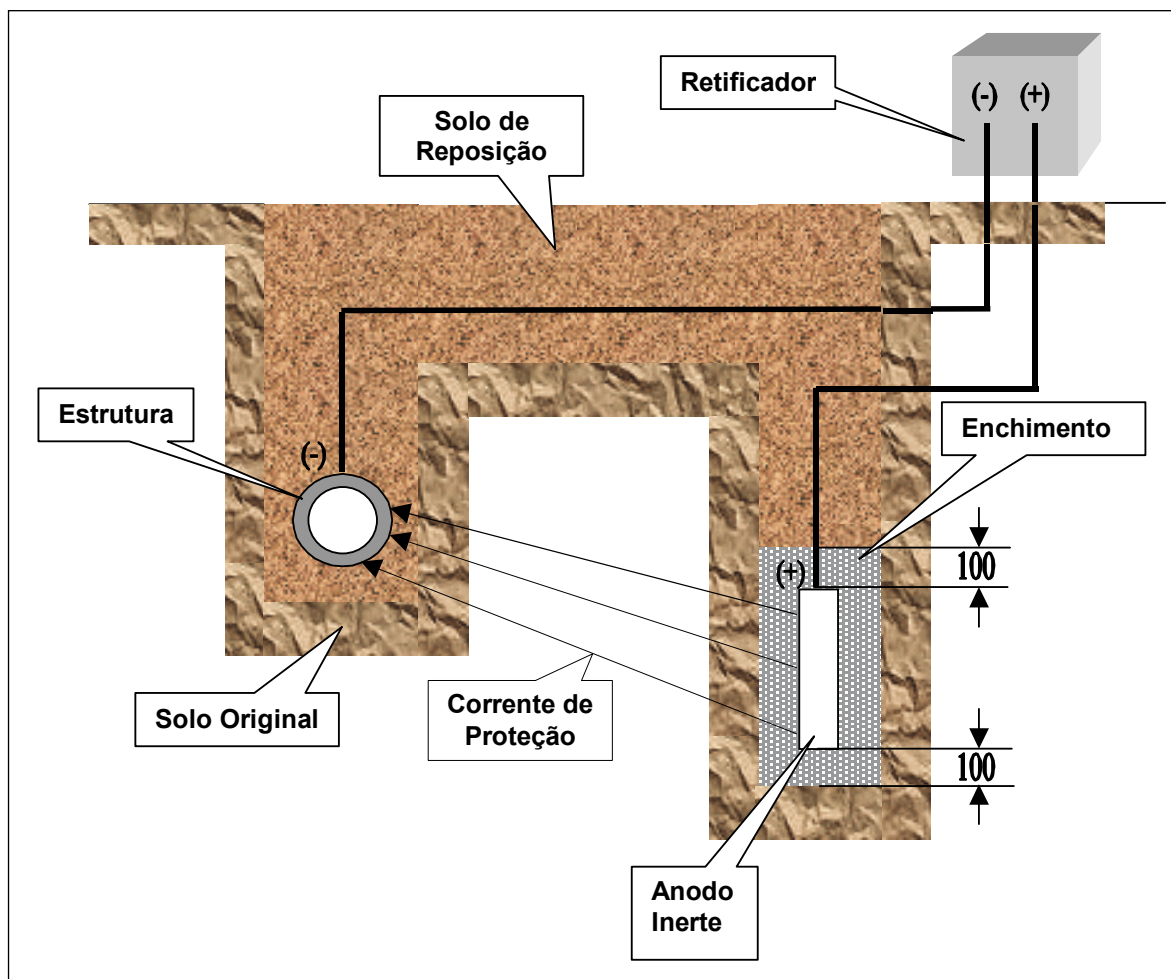


Figura 3 - Sistema de proteção catódica por corrente impressa.

A proteção catódica, qualquer que seja o sistema empregado, na maioria das vezes é utilizada em combinação com revestimentos protetores, os quais reduzem a demanda de corrente de proteção e aumentam a eficiência do sistema global.

5. Considerações Finais

O processo de corrosão dos metais no solo constitui um fenômeno eletroquímico complexo em função da heterogeneidade do meio corrosivo, muitas vezes passível de alterações ao longo da vida útil da estrutura seja por questões naturais ou efeitos externos.

Ao longo do texto procurou-se evidenciar os principais fatores que definem a sua agressividade, as formas de avaliá-la e as principais técnicas de proteção anticorrosiva.

Referências

- Booth, G.H. et al. - Criteria of Soil Aggressiveness Toward Buried Metals, I. Experimental Methods - British Corrosion Journal, vol. 2, May, 1967, p.104.
- Geary, R.W. - Evaluating Pipeline Tape Coatings - How do the Compare?, Materials Performance, vol 39, no.1, Jan, 2000.
- Gotlieb, M., Vieira, R.R. - Corrosividade de Solos, Metalurgia (ABM), vol.25, no. 152, junho 1970, p. 56.
- NBS Publication 991 - Underground Corrosion, Cathodic Protection, and Required Field Measurements, NBS, Washington, DC, 1961.
- Norsworthy, R. - Rating Underground Pipeline Tapes and Shrink Sleeve Coating Systems, Materials Performance, vol. 38, no 11, Nov, 1999, p. 40.
- Sebrão, M.Z. et alii. - Sistema Solo/Cimento como Técnica de Proteção Anticorrosiva em Estruturas Metálicas Enterradas, 2nd NACE Latin America Region Corrosion Congress, Rio de Janeiro, 1996.
- Serra, E.T., de Araújo, M.M. and Mannheimer, W.A. - On the Influence of Alternating Current on Corrosion of Aluminum and Copper in Contact with Soil, Corrosion/79, NACE, March 1979, Atlanta, U.S.A.

Serra, E.T., et alii - Determination of Corrosion Rates in Soils by Electrochemical Methods, Proceedings, 7th International Congress on Metallic Corrosion, vol 3, ABRACO, 1979, p. 1290.

Serra, E.T. et alii. - On the Estimation of the Corrosion Rates of Metals in Soils by Electrochemical Measurements, Underground Corrosion ASTM STP 741, Ed. Edward Escalante, 1981.

Serra, E.T. - Efeito da corrente alternada no processo de corrosão de do aço galvanizado, 55º Congresso Anual da ABM, julho 2000, Rio de Janeiro.

Serra, E.T. - Corrosão e Proteção Anticorrosiva do Metais no Solo, 1ª.ed. rev., Editora Interciencia, 2014.

Schwerdtfeger, W.J. and McDorman, O.N. - Measurement of the Corrosion Rate of Metal from its Polarizing Characteristics, J. Electrochemical Society, vol. 99, 1952 p. 407.

Stratfull, R.F. - A New Test for Estimating Soil Corrosiveness Based on Investigation of Metal Highway Culverts, Corrosion, vol.17, October, 1961, p. 493.

Trabanelli, G. et alii. - Methods of Determination of Soil Corrosiveness with Respect to Metallic Structures, Annali dell'Universita de Ferrara, Sezione V, vol. III, no 4, 1972.

Agradecimento

O autor agradece ao Engo. Fernando Fragata a revisão do texto e as colaborações relativas aos sistemas de proteção anticorrosiva com emprego de revestimentos orgânicos.

Autor

Graduado em Engenharia Metalúrgica pelo IME em 1970 e Mestre em Ciências (1975) e Doutor em Ciências (1980) em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela COPPE/UFRJ. Engenheiro visitante no Electric Power Research Institute, Palo Alto, Ca.,USA em 1981. Trabalhou na indústria privada em dois períodos (1970 a 1973 e 1987 a 1991) e no Centro de Desenvolvimento da antiga Companhia Telefônica Brasileira (1973 a 1975). Ingressou no Centro de Pesquisa de Energia Elétrica em 1975 onde exerceu funções de Pesquisador; Líder do Grupo de P&D em corrosão e proteção anticorrosiva; Chefe de Departamento de Materiais; Consultor da Diretoria de P&D, Assistente do Diretor Geral do Centro. Sócio/Gerente da ES+PS Consultoria, desde 2014. Possui 49 artigos publicados em periódicos especializados, 113 trabalhos completos e 11 resumos em anais de eventos. Autor e coautor de 2 livros (Corrosão e Proteção Anticorrosiva dos Metais no Solo e Células a Combustível: Uma Alternativa para a Geração de Energia), Organizador e coautor de 4 livros (Análise de Falha em Materiais Utilizados em Equipamentos Elétricos - Volumes 1, 2 e 3; Análise de Falhas em Materiais Utilizados no Setor Elétrico: Seleção de Casos). Coautor de uma patente em materiais supercondutores. Membro da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais; desde 1969; Membro da desde 1972 e Membro Titular da Academia Brasileira de Engenharia, desde 2016.

A IMPORTÂNCIA DAS TÉCNICAS INTRUSIVAS E NÃO INTRUSIVAS COMBINADAS NA MONITORAÇÃO DA CORROSÃO INTERNA



Juliana de Magalhães Tinoco

Graduada em Engenharia Química com Pós-Graduação em Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural ambos pela Universidade Federal Fluminense. Executiva de Vendas de produtos Roxar na Emerson Process Management
Juliana.Tinoco@Emerson.com

Resumo

Na indústria de Óleo e Gás, os dutos desempenham papel fundamental no que diz respeito ao transporte de produtos. Um dos grandes desafios na operação de dutos é a prevenção de corrosão nos mesmos. Atualmente o mercado dispõe de diversas técnicas para monitoração da corrosão interna, entretanto, devido às peculiaridades de cada uma delas, o uso pode ficar restrito a algumas aplicações. O presente trabalho apresenta as principais características de técnicas intrusivas e não intrusivas visando ressaltar a importância do uso combinado das mesmas, auxiliando os profissionais da área de dutos da indústria de Óleo e Gás a lidar com um dos problemas mais significativos para o meio: a corrosão interna nos dutos.

Palavras-chave: corrosão; monitoração; dutos.

Abstract

In the oil and gas industry, pipelines play a key role in transporting their products. One of the major challenges in operating pipelines is the prevention of corrosion in them. Currently, the market has several techniques for monitoring internal corrosion, however, due to the peculiarities of each one of them, their use may be restricted to only certain applications. This paper presents the main characteristics of intrusive and non-intrusive techniques in order to highlight the importance of their combined use, helping of the professionals in the pipeline fields to deal with one of their most significant problems: internal corrosion in pipelines.

Palavras-chave: corrosion; monitoring; pipelines.

Introdução

A recente descoberta do Pré-Sal vem trazendo novos desafios para a indústria de exploração e produção de petróleo, e o Brasil está à frente desses desafios. Do ponto de vista econômico, os prejuízos causados pela corrosão atingem custos extremamente altos, resultando em consideráveis desperdícios de investimento. Isto sem falar dos acidentes, que podem acarretar perdas de vidas humanas e animais, poluição, além de perdas materiais de produtos transportados. Estima-se que uma parcela superior a 30% do aço produzido no mundo seja usada para reposição de peças e partes de equipamentos e instalações deterioradas pela corrosão.

Quando falamos em monitorar a corrosão interna, os principais objetivos são auxiliar a compreensão do processo corrosivo e obter informações úteis para o controle da corrosão e suas consequências. Hoje dispomos de duas classificações técnicas para tal monitoração: equipamentos intrusivos e não intrusivos.

Amplamente difundidas no Brasil desde os anos 80, as técnicas intrusivas vêm sendo usadas para monitoração da corrosão interna. Entretanto, a preocupação crescente com maior segurança nas operações, especialmente em condições de temperaturas ou pressões elevadas, vêm aumentando a demanda do mercado por técnicas não intrusivas. Sendo assim, abordaremos algumas das tecnologias mais usadas para a monitoração da corrosão interna.

Técnicas Intrusivas

As primeiras técnicas de monitoração de corrosão interna a serem empregadas no Brasil foram as intrusivas. Essas são compostas por uma conexão de acesso ao duto que permite a instalação de um sensor em contato com o fluido, que ficará exposto às mesmas condições ao trecho do duto onde foi instalado.

Dentre as intrusivas, as mais empregadas são, respectivamente, o cupom de perda de massa, as sondas de resistência elétrica e as de polarização linear. A seguir detalharemos cada um desses sensores.

Cupom de Perda de Massa

O método de monitoração através de cupom de perda de massa é o método mais tradicional de identificação de processo corrosivo interno. Os cupons são corpos metálicos confeccionados com o mesmo material da tubulação, retangulares ou em forma de disco, conforme mostra a Figura 1 abaixo. São fixados internamente ao tubo, de modo a ficarem expostos ao meio corrosivo por um período de tempo determinado até a retirada, quando são submetidos a limpeza química, ensaios e análises microscópicas para verificação da taxa de corrosão.



Figura 1 - Diferentes tipos de cupons de perda de massa da marca Emerson.

Os dados operacionais necessários para o cálculo da taxa de corrosão uniforme dos cupons de perda de massa são: o tempo de exposição, a massa inicial (m_{inicial}) e a massa final (m_{final}) após a limpeza química do cupom. A taxa de corrosão pode ser determinada por meio da equação (1):

$$TC = \frac{K.(m_{\text{inicial}} - m_{\text{final}})}{A.t.\mu} \quad (1)$$

Onde,

TC = taxa de corrosão, mm/ano

K = constante, adimensional = $8,76 \times 10^4$

$m_{\text{inicial}} - m_{\text{final}}$ = massa, g

A = área exposta dos cupons, cm^2

μ = massa específica, g/cm^3

t = tempo de exposição, h

Com base nos valores da taxa de corrosão dos cupons, os dutos são classificados quanto a corrosão baixa, moderada ou severa e os dados obtidos são armazenados para acompanhamento

e referência para a implementação de medidas corretivas ou preventivas.

As principais limitações da técnica estão relacionadas aos fatos da taxa de corrosão calculada ser um valor médio para o período de exposição e necessidade de se fixar períodos regulares para as trocas, para permitir comparação entre as taxas de diferentes cupons para um mesmo ponto de instalação.

Sonda de Resistência Elétrica

O método de monitoração de corrosão através de sondas de resistência elétrica, conhecidas como ER do inglês *Electrical Resistance*, é baseado na variação de resistência elétrica da seção de um elemento metálico quando há redução das dimensões desta seção, devido à perda de massa pelo ataque corrosivo do meio onde o sensor está instalado. Um elemento metálico é exposto ao meio monitorado e, em intervalos regulares de tempo, é imposta uma corrente elétrica de valor fixo a esse elemento e registrada a resistência à passagem da corrente. A resistência de um elemento será alterada por dois parâmetros principais, temperatura e espessura.

O efeito da temperatura é compensado com a inserção de um elemento de referência interno à sonda, sem exposição ao meio. Dessa forma, o elemento de referência é exposto à mesma temperatura do elemento de medição, mas não sofrerá corrosão. O processo de determinação da taxa de corrosão é baseado na resistência elétrica de um condutor metálico que aumenta à medida que a área da seção vai diminuindo a uma temperatura constante, ou seja, o aumento na resistência elétrica é proporcional à corrosão acumulada para o período de exposição, segundo a equação (2):

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (2)$$

Onde,

R = resistência, Ω

L = comprimento, mm

A = área da seção, mm²

ρ = resistividade do material, Ω mm

As sondas de resistência elétrica, conforme Figura 2 abaixo, podem ser consideradas como uma automatização dos cupons de perda de massa, fornecendo dados de perda de metal continuamente. Desta forma, é possível obter a tendência da taxa de corrosão ao longo do tempo, o que permite identificar os períodos de aumento ou redução da corrosividade do meio em função das variáveis de processo.



Figura 2 – Sonda de resistência elétrica e data logger wireless da marca Emerson.

As principais limitações da técnica se referem ao fato do método ser pouco sensível à corrosão localizada, podendo apresentar erros devido à ocorrência de variações de temperatura entre o elemento de referência e o de medição ou se houver depósitos condutores sobre o sensor, como, por exemplo, sulfeto de ferro.

Sonda de Polarização Linear

As sondas de polarização linear, ou LPR do inglês *Linear Polarization Resistance*, constituem o terceiro método intrusivo mais usado no Brasil. As taxas de corrosão são determinadas eletroquimicamente através da aplicação de um pequeno potencial, na faixa de 20 mV, entre os eletrodos da sonda em pequenos intervalos de tempo. Como resposta obtemos a polarização dos eletrodos e a corrente elétrica resultante é medida da seguinte forma:

$$R_p = \frac{\Delta E}{\Delta i} \quad (3)$$

Onde,

R_p = resistência à polarização, Ω

ΔE = potencial aplicado, mV

Δi = corrente correspondente ao potencial aplicado, mA

A densidade de corrente associada a pequenos efeitos de polarização entre os eletrodos é diretamente proporcional à taxa de corrosão em tempo real para o eletrólito, ou meio, em análise. Portanto, a sonda de polarização linear, conforme Figura 3 abaixo, permite medição da taxa de corrosão real e resposta quase instantânea aos operadores.



Figura 3 - Sonda de polarização linear da marca Emerson.

Com relação às limitações da técnica, a principal seria a necessidade de um eletrólito condutor, como por exemplo água, e também é possível citar casos de valores distorcidos com a presença de eletrólito de alta resistência ou com corrosão localizada nos eletrodos.

Técnicas Não Intrusivas

Conforme comentado anteriormente, a crescente preocupação com segurança operacional vem impulsionando os fabricantes a desenvolver tecnologias não intrusivas para monitoração de corrosão interna.

Sistemas contendo gás liquefeito e gás processado já possuem Norma Técnica da Petrobras indicando uso de métodos não intrusivos (N-2785). Nesses sistemas, operando produtos perigosos e altamente inflamáveis, qualquer técnica intrusiva estaria suscetível a vazamentos, onde a depressurização do produto para a atmosfera provocaria o congelamento da conexão de acesso, impossibilitando a retirada do sensor.

Além do risco inerente às trocas e manutenções de sensores intrusivos, também é considerada uma vantagem dos não intrusivos a eliminação de custos operacionais relacionados a essas atividades.

Abordaremos em seguida os dois métodos mais utilizados no Brasil para monitoração de corrosão interna de forma não intrusiva: por meio de variação de campo elétrico e de ultrassom.

Variação de Campo Elétrico

O método de monitoração não intrusivo através de variação de campo elétrico funciona de forma similar a uma sonda de resistência elétrica. Entretanto, ao invés de possuir um sensor pontual, como elemento de sonda, toda uma seção do duto, ou equipamento a ser monitorado é utilizada como sensor. As leituras são baseadas no potencial de cada região ao invés da resistência a uma determinada corrente.

Na região a ser monitorada, será soldada, por meio de solda capacitiva, uma matriz de pinos. Estes podem abranger toda a circunferência de um duto ou apenas a geratriz inferior, de acordo com a necessidade do projeto. Essa matriz de pinos será conectada a um data logger, responsável por impor uma determinada corrente elétrica por toda a região. Esse mesmo data logger fará leituras de potencial elétrico entre cada par de pinos da matriz e, dessa forma, detectará regiões que apresentem perda de espessura da parede do duto ou outro equipamento, visto que a medição do potencial será modificada pela diminuição de linhas de corrente passando por essa região, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 4 - Variação de campo elétrico em um cordão de solda com corrosão.

Como a condutividade/resistência do metal irá se alterar de acordo com a variação de temperatura, é necessário instalar uma placa de referência que não esteja exposta à corrosão, para que seja submetida à mesma corrente e possa ter a sua queda de potencial medida. Além disso, a temperatura é medida continuamente por um sensor e a compensação é feita no *software* do sistema.

Comercialmente fornecido pela Emerson Process Management, leva o nome de FSM, do inglês *Field Signature Method*, remetendo ao fato de criar uma assinatura inicial da região a ser monitorada, permitindo identificar mudanças estruturais ao longo do tempo.

O fato de não entrar em contato com o processo, permite a monitoração em casos de fluidos extremamente corrosivos ou ácidos. Também por conta da técnica, não possui limitante em relação à classe de pressão e resiste à temperatura de até 500°C.

Como limitação da técnica, citamos apenas a menor sensibilidade, ou tempo de resposta, quando comparada às intrusivas. Precisão e sensibilidade dependem do processo, tipicamente é possível detectar perdas de espessura na faixa de 0,05% a 0,1% da espessura inicial da parede do duto.

Ultrassom

Os equipamentos não intrusivos que utilizam ultrassom são compostos de sensores capazes de emitir e receber feixes de ondas no ponto de medição, conforme Figura 5.



Figura 5 – Sensor ultrassônico Permasense da marca Emerson.

Um par de cristais piezoelétricos emitem a onda ultrassônica guiada e medem o tempo de trânsito necessário à mesma para sofrer o efeito de reflexão na parede interna do duto e retornar ao sensor. A diferença entre o tempo de trânsito da reflexão das ondas é convertido em espessura de parede e medições sucessivas fornecem a taxa de corrosão.

Contudo existem alguns limitadores neste tipo de tecnologia, como a sensibilidade baixa para identificar corrosão localizada e a extensão da área monitorada, que fica restrita ao tamanho do transdutor, usualmente 1 cm² por sensor. Áreas maiores podem ser alcançadas com um conjunto de sensores, mas continuarão existindo áreas não monitoradas entre eles.

Uso Combinado das Técnicas

Após analisarmos o princípio de funcionamento e as limitações de cada uma das técnicas, podemos avaliar as vantagens se utilizarmos cada uma delas em separado ou combinadas.

O conceito da tecnologia intrusiva remete à medição de corrosividade de um fluido processado, enquanto a não intrusiva remete à degradação de equipamentos. O primeiro ajuda a prover advertência precoce às condições prejudiciais que estão se desenvolvendo no processo, enquanto o segundo permite avaliar a efetividade de um programa de integridade e manutenção. Ao combinar os dois, podemos correlacionar as mudanças nos parâmetros de operação com o efeito deles na integridade dos equipamentos.

Outro fator importante para considerar o uso das técnicas combinadas é a presença de corrosão localizada, com a geração de pites. Sondas de resistência elétrica e polarização linear não se comportam de forma correta quando submetidas a essa tipo de corrosão. O pite reduzirá drasticamente a seção transversal dos elementos, indicando um consumo excessivo do sensor e taxas de corrosão elevadas.

Sensores ultrassônicos, embora não intrusivos, também não são os mais indicados nesse caso. O pite teria que estar posicionado na

direção exata do sensor para ser identificado e, ainda assim, poderia indicar erroneamente uma corrosão uniforme alta no lugar de uma localizada.

No caso de corrosão localizada, as melhores técnicas são o cupom com análise gravimétrica, na parte intrusiva, e o FSM com variação do campo elétrico, na não intrusiva. A análise do cupom exposto ao meio com esse tipo de corrosão indica visualmente a presença de pites. Os mesmos também podem ser observados no gráfico tridimensional com o FSM, conforme Figura 6 a seguir.

Conclusões

Fica clara a complementariedade entre as técnicas de monitoração. Nenhuma delas se faz absoluta para todos os usos, mas através de análises de projeto, é possível definir uma abordagem combinando as melhores para cada aplicação.

Portanto, o conhecimento dos princípios de funcionamento e suas limitações se faz de

grande importância em todos os casos. Essas informações serão cruciais para a melhor escolha de um sistema de monitoração de corrosão interna.

Referências

- BAPTISTA, W., CASTINHEIRAS, W. G. C., **Corrosão e proteção catódica**. IN: FREIRE, J. L. de F. **Engenharia de Dutos**. Rio de Janeiro: ABCM, 2009.
- CAMERINI, C., SOUZA JÚNIOR, H. A. de, **Inspeção de dutos**. IN: FREIRE, J. L. de F. **Engenharia de Dutos**. Rio de Janeiro: ABCM, 2009.
- FREIRE, J. L. de F., BENJAMIN, A. C., NORONHA, D. B., MENICONI, L., SOUZA, R. D., **Integridade de dutos**. IN: FREIRE, J. L. de F. **Engenharia de Dutos**. Rio de Janeiro: ABCM, 2009.
- GENTIL, V., **Corrosão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2ª ed., 1996.
- MOREIRA, A. P. E., **Gestão Tecnológica do Monitoramento da Corrosão Interna de Dutos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, UFRJ: Rio de Janeiro, 2012.
- Petrobras N2785, **Monitoração, Interpretação e Controle da Corrosão Interna em Dutos**, REV. C 2016.
- TERZI, R., MAINIER, F. B., **Monitoramento da corrosão interna em plataformas offshore**. TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 12, n. 1, jan./jun. 2008.

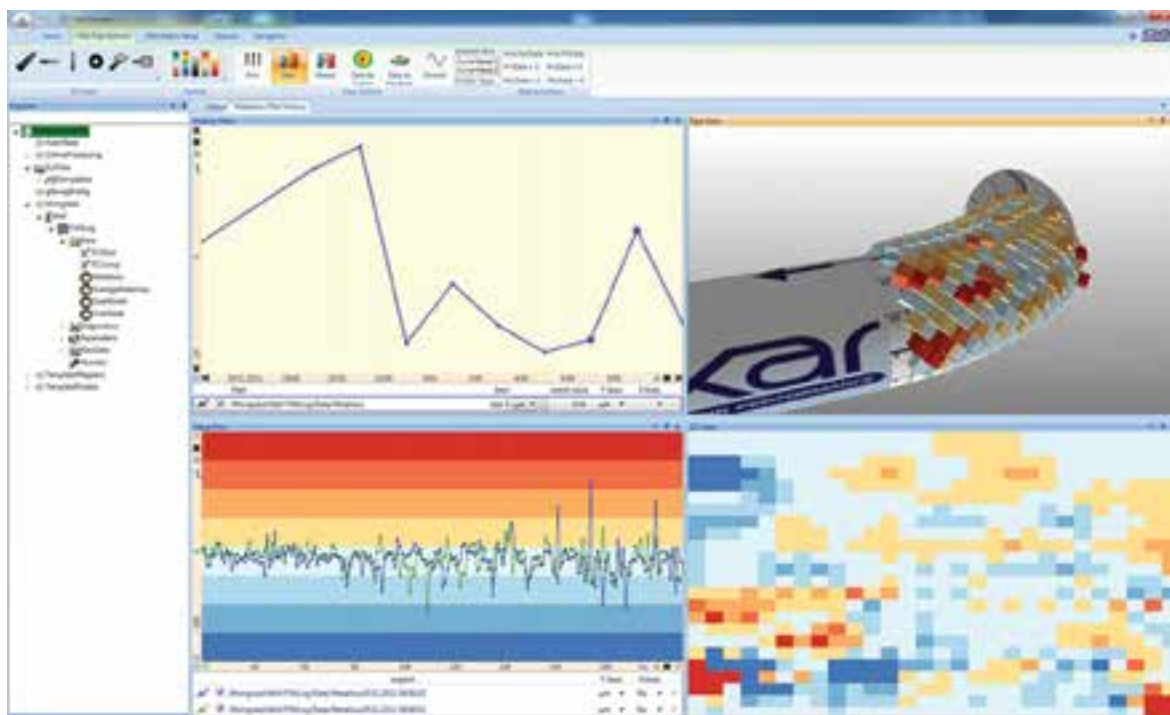


Figura 6 – Software Fieldwatch da marca Emerson gerenciando dados de um sensor FSM.

Uso de polímero condutor na produção de Tinta Inteligente Poliuretana Anticorrosiva

Rodrigo S. Silva^a, Alvaro Meneguzzi^b, Jane Z. Ferreira^c

Abstract: The use of the anodic protection of metals has as a characteristic the formation of protective insoluble oxides on the surface, which results in the passivation of the metal, and consequently in the deceleration of the corrosive process. The use of intrinsically conductive polymers, such as polyaniline (PAni), has been presented as an alternative coatings or coating component with anticorrosive properties, due to its electrochemical properties. Thus, in this study was formulated a binder composed of the PAni blend in the oxidized and protonated state with the non-doping plasticizer, 4-chloro-3-methylphenol, and solvent which was added to a commercial polyurethane paint by the high dispersion method rotation at the concentration of 1% PAni binder. The paints produced were characterized by physico-chemical methods of thickness measurement, optical microscopy which showed results indicating a coating in which the PAni is partly in the form of resin and another part dispersed as a pigment, preserving the main functions and characteristics of the PAni for application as an anticorrosive coating. The electrochemical tests of Cyclic Voltammetry, Open Circuit Potential and Electrochemical Impedance Spectroscopy carried out on coatings applied on carbon steel in a medium where it is passivable, provided answers that indicate that it is possible to passivation and / or maintenance of the passivation of the metal of interest, making it behave more nobly, from the use of PAni EB in the form of binder.

Keywords: Conductive Polymer, Intelligent Paint, Corrosion, Polyurethane Paint.

Resumo: O uso da proteção anódica de metais tem como característica a formação de óxidos protetores insolúveis na superfície, o que resulta na passivação do metal, e consequentemente na desaceleração do processo corrosivo. O uso de polímeros intrinsecamente condutores, como a polianilina (PAni), tem-se apresentado como alternativa de revestimentos ou componente de revestimentos com propriedades anticorrosivas, devido às suas propriedades eletroquímicas. Com isso, foi formulado neste estudo um binder, composto pela mistura de PAni no estado oxidado e protonado, com o plastificante não dopante 4-cloro-3-metilfenol e solvente, que foi adicionado a uma tinta comercial poliuretana pelo método de moagem e dispersão em alta rotação na concentração de 1% de binder de PAni. As tintas produzidas foram caracterizadas por métodos físico-químicos de medição de espessura, microscopia ótica o qual apresentaram resultados que indicam um revestimento em que a PAni está em parte na forma de resina e outra parte dispersa como pigmento, com a preservação das principais funções e características desejáveis da PAni para aplicação como revestimento anticorrosivo. Os ensaios eletroquímicos de Voltametria Cíclica, Potencial de Circuito Aberto e Espectroscopia de Impedância Eletroquímica realizados em revestimentos aplicados sobre aço carbono em meio em que esse é passivável, ofereceram respostas que indicam que é possível a passivação e/ou manutenção da passivação do metal de interesse, fazendo com que este se comporte de forma mais nobre, a partir do uso de PAni EB na forma de binder.

Palavras-chave: Polímero Condutor, Tinta Inteligente, Corrosão, Tinta Poliuretana.

^a Professor, Doutor em Engenharia- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL.

^b Professor, Doutor em Engenharia- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

^c Professor, Doutor em Engenharia- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

Introdução

O combate à corrosão tem sido um tema de pesquisa cientificamente nos últimos 150 anos e, ao longo deste período, foram desenvolvidos diversos métodos e produtos com comprovada eficácia contra a corrosão. Nos últimos anos estudos vêm se intensificando o desenvolvimento de produtos e inovações tecnológicas que promovam o menor impacto ambiental possível, maior rendimento e menor custo financeiro para a reposição de estruturas de materiais metálicos (1).

O emprego de revestimentos orgânicos tem se apresentado como uma opção para inibir a corrosão de materiais metálicos em ambientes agressivos. Na atualidade a produção industrial de revestimentos orgânicos com capacidade anticorrosiva está consolidada com a utilização de inibidores inorgânicos. Estes componentes (Zr, Cr, Pb, Zn e outros) possuem como inconveniente os efeitos nocivos ao meio ambiente e para a saúde humana devido à sua natureza tóxica e/ou cancerígena (2)(3).

Os polímeros intrinsecamente condutores (PIC), como a polianilina (PAni), tem despertado desde a sua descoberta o interesse no meio científico e tecnológico devido às características de baixo custo da anilina, a facilidade de síntese, a estabilidade em determinadas condições ambientais tanto na forma não protonada quanto protonada, ou seja, condutora, uma vez que a capacidade de ser isolante eletrônico e iônico no estado oxidado é uma das características desejáveis para a produção de revestimentos anticorrosivos e a capacidade de formar e/ou preservar óxidos passivantes de em metais passiváveis (4)(5).

Com isto é proposto neste estudo à produção um revestimento orgânico, em que inicialmente é formulado um *binder* de PAni no estado oxidada e não condutora também conhecida como esmeraldina base (EB), em que a PAni EB é misturada ao plastificante não dopante 4-cloro-3-metilfenol (CMF) e solvente orgânico diclorometano (CH_2Cl_2). Posteriormente, o *binder* de PAni EB produzido é misturado à tinta

comercial poliuretana (TCP) em quantidade suficiente para que suas cadeias poliméricas entrem em contato físico umas com as outras e estas com a superfície do metal e eletrólito. A partir disto se busca que o revestimento produzido induza em um meio onde o metal seja passível, as reações de oxirredução que ocasionem a proteção anódica do substrato metálico de interesse, sem a necessidade de aplicação de corrente externa ao sistema, característica deste método de proteção em um sistema metal/revestimento/meio eletrolítico. O que permite atribuir ao revestimento produzido o nome de Tinta Inteligente Poliuretana (TIP).

Materiais e Métodos

Produção da PAni e Binder

Inicialmente foi sintetizada PAni EP com o uso de um reator encamisado com capacidade para 20 L, com agitação e resfriamento controlados. A anilina, o monômero, foi previamente destilada na concentração de 0,4 mol/L em solução de HCl 1,5 mol/L, onde foi submetida à oxidação química pela adição em solução do agente oxidante $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 0,4 mol/L. O meio reacional foi mantido a -5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) sob agitação por 5 h para o tempo necessário para a adição completa do $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (6)(7). A relação entre monômero e agente oxidante foi de $K=1,5$.

A produção de PAni EB foi realizada por meio do processo de desdopagem da PAni EP, que foi introduzida em uma solução aquosa de NH_4OH 0,5 mol/L, de acordo com uma relação 1:15 (g/ml) de PAni EP e solução, respectivamente. A solução foi mantida em pH 10, sob agitação durante 6 h, com o uso de agitador magnético. Após a PAni foi filtrada com o auxílio de um funil de Büchner e lavada com solução de NH_4OH 0,5 mol/L, até que o filtrado se apresentasse incolor. A PAni EB assim obtida foi seca em estufa a 60°C por 24 h (8)(9).

O *binder* de PAni EB foi produzido a partir da relação de massa de 1:2:10 de PAni EB, CMF e solvente orgânico diclorometano (CH_2Cl_2), sendo que este último deve auxiliar na formação de uma solução da mistura da PAni EB com o CMF e controlar o tempo de secagem. Estes

componentes foram homogeneizados a uma velocidade rotacional de 1500 rpm em frasco fechado durante 6 h pelo dispersor de alta rotação Dispermat Modelo N1. O *binder* obtido tinha capacidade de formar filmes *freestanding* e a PANi EB se encontrava dispersa no meio, na forma de um líquido viscoso (4)(10).

Produção da TIP

A produção de TIP, composta por uma determinada concentração de *binder* de PANi EB adicionada a uma tinta comercial, tem como objetivo principal agregar uma resina com propriedades anticorrosivas a uma tinta comercial. Com isso, 1% (m/m) o *binder* de PANi EB foi misturado a uma TCP bicomponente de coloração branca, onde tentativas práticas de formulação de TIP em concentrações de *binder* acima de 1% apresentaram dificuldade de homogeneização do *binder* de PANi EB na tinta comercial, e em menores concentrações, foi possível verificar a baixa atuação anticorrosiva do *binder* (11). O método de homogeneização foi realizado com o auxílio do dispersor de alta rotação Dispermat Modelo N1, com rotação de 1500 rpm pelo período de 2 h, o mesmo equipamento utilizado para produção do *binder*.

Preparação amostras metálicas

A TIP e a TCP foram aplicadas em chapas de aço AISI 1010 laminadas a frio entre 0,08 a 0,13 % de C, entre 0,30 a 0,60 % de Mn, máximo de 0,03 % de P e máximo de 0,05 % de S (12), as amostras possuíam as dimensões de 1 mm x 25 mm x 50 mm. As placas metálicas não apresentavam carepa ou qualquer outra forma de oxidação visível em sua superfície, ou seja, dispensavam a realização do processo de decapagem, mas necessitavam de um desengraxe para a retirada do óleo protetor.

As peças de aço AISI 1010, antes de serem recobertas de revestimento, passaram pelo processo de desengraxe alcalino, com o uso do desengraxante alcalino comercial Saloclean 619L, que é composto de sais de sódio, emulsificantes, tensoativos não iônicos e umectantes. O desengraxante foi utilizado na concentração de

5% m/v, a uma temperatura de 45 °C, pelo período de 900 s. Após realizou-se a lavagem das peças com jatos de água deionizada e secagem com jato de ar à temperatura de 60 °C.

As TIP e TCP foram aplicadas sobre chapas de aço AISI 1010 com o uso de aplicador com espalhador de 100 μ m, com o auxílio do equipamento *Automatic Film Applicator* BYK- Gardner, mostrado na Figura 1, utilizando a velocidade de 250 mm.s^{-1} . Após o processo de aplicação dos revestimentos os corpos de prova passaram pelo processo de cura pelo período de 48 h.

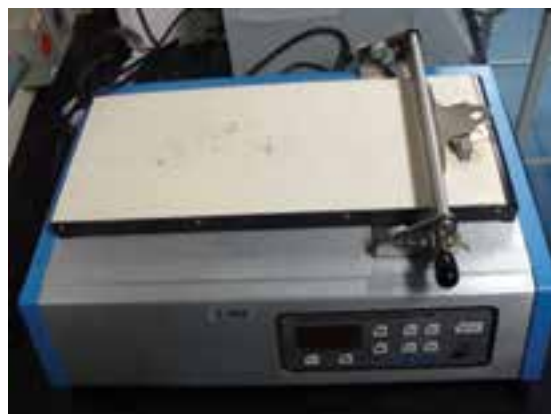


Figura 1 - Equipamento Automatic Film Applicator BYK-Gardner.

Medições de Espessura do TI

As espessuras do filme TIP que revestiram o aço AISI 1010 foram medidas com o auxílio do equipamento Fischer modelo Dualscope MP20. Devido à possível variabilidade de espessura nas placas analisadas, a avaliação ocorreu em 3 áreas da amostra, conforme o esquema mostrado na Figura 2.

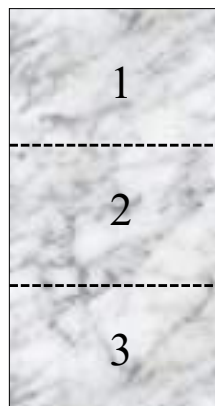


Figura 2 - Representação dos pontos em que foram tomadas as medidas de espessura do TIP sobre as placas metálicas.

Microscopia Ótica (MO)

As análises morfológicas superficiais das amostras de TIP foram realizadas pela técnica de MO, com o auxílio de Microscópio Digital Portátil Dino Lite de bancada, com ampliação máxima de 250 e 470 vezes. A partir destes equipamentos foi possível realizar análises da morfologia superficial de superfície e de seção transversal das amostras, com o intuito de verificar a dispersão do *binder* de PANi EB na tinta comercial.

Ensaio Eletroquímico

Os estudos eletroquímicos foram realizados com no mínimo três repetições para cada tipo de amostra e técnica utilizada, sendo utilizado o equipamento Potenciostato/Galvanostato AUTOLAB PGSTAT302 Ecochemie, apresentado na Figura 3. Foram utilizadas três técnicas de ensaios eletroquímicos: Voltametria Cíclica (VC), Potencial de Circuito Aberto (OCP) e Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE). Os resultados obtidos foram tratados por meio de dois softwares:

- Software GPES para os ensaios de VC e de OCP;
- Software FRA para ensaios de EIE.

Para os ensaios eletroquímicos foram utilizadas células eletroquímicas convencionais de três eletrodos, onde o aço AISI 1010, após o processo de desengraxe, sem ou com revestimento (TIP e TCP) foi usado como eletrodos de trabalho, eletrodo de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl) como referência e fios de platina (99,99% Pt) como contra-eletrodo (CE). Deve ser observado que todos os potenciais apresentados

neste trabalho utilizaram como referência o eletrodo de Ag/AgCl. E os ensaios eletroquímicos, foram conduzidos em solução aquosa de H_2SO_4 concentração de 2 mol/L, em temperatura e aeração ambiente, sem agitação.

Resultados e Discussões

Medição de Espessura

As mediações de espessura dos filmes de revestimentos foram obtidas a partir da média de três amostras cada. As amostras de TCP aplicadas com uso de espaçador de 100 μm apresentaram uma espessura média a 63,97 μm com o desvio padrão de 12,73 μm . As amostras de TIP aplicadas com o uso de espaçador de 100 μm apresentaram uma espessura média 68,62 μm com o desvio padrão de 11,94 μm , conforme mostrado na Tabela 1.

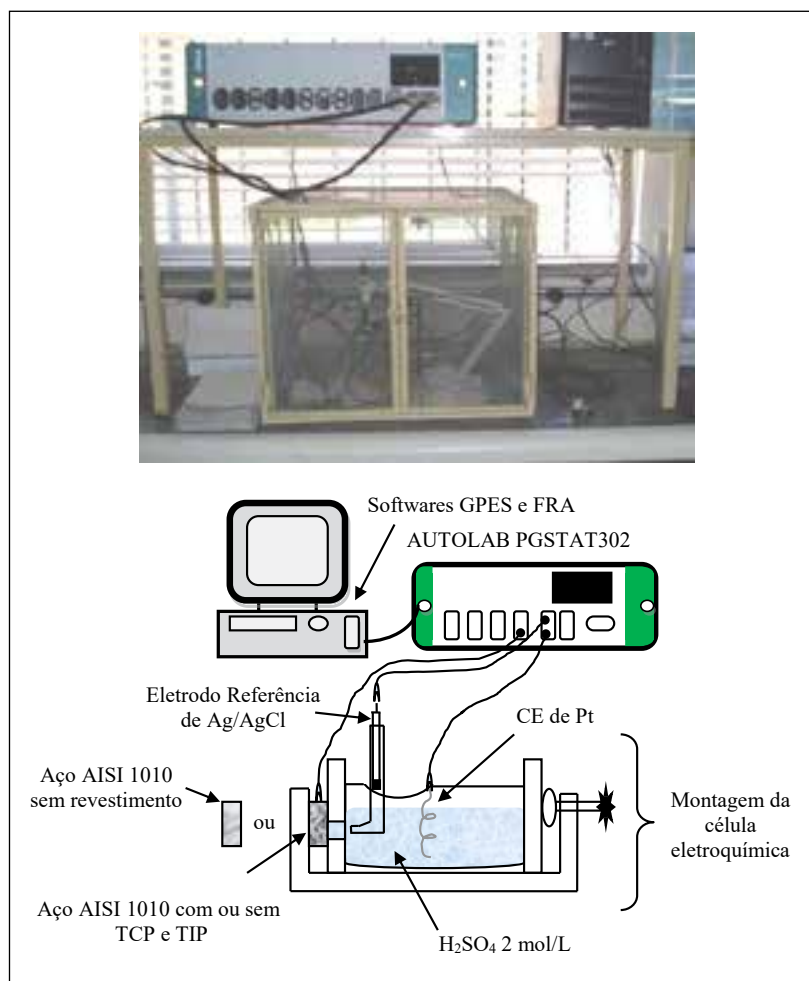


Figura 3 - Representação esquemática da montagem dos ensaios eletroquímicos no potenciostato AUTOLAB PGSTAT302.

Revestimentos	Espessura média (μm)	Desvio Padrão (μm)
TCP	63,97	12,73
TIP	68,62	11,94

Tabela 1 - Medições de espessura dos revestimentos TCP e TIP.

Com os resultados obtidos é possível verificar que todas as amostras de TIP independem do modo de produção e método de aplicação, apresentaram um aumento de espessura em relação às respectivas tintas comerciais. Este fator pode ser atribuído à incorporação do *binder* de PANi EB a estas tintas comerciais. Outro fator a ser destacado é a diminuição do desvio padrão em todas as amostras de TIP em relação as amostras TCP, a melhor distribuição da TIP sobre o substrato metálico pode representar uma maior homogeneidade nos resultados a serem obtidos nos ensaios eletroquímicos de corrosão.

Caracterização Morfológica por Microscopia Ótica (MO)

As análises morfológicas de MO foram realizadas em amostras de TIP oriundas da adição de 1% de *binder* de PANi EB. A TVP utilizada para a produção das TIP possuíam coloração branca, com o objetivo de permitir o contraste e melhor visualização a distribuição e dispersão do *binder* de PANi EB, de coloração escura, na formação da TIP.

As Figuras 4ab mostram imagens da amostra de TIP na perspectiva de superfície e seção

transversal, com ampliação de 400 vezes. A imagem de superfície apresenta pontos pretos, mas com uma maior densidade de ramificações acinzentadas, aspecto que se verificou na imagem de seção transversal, onde se observa uma possível solubilização do *binder* de PANi EB ao longo da matriz polimérica da TCP, mas ainda se observa uma dispersão na forma pigmento da PANi EB na tinta produzida, o que indica que não ocorreu solubilização do *binder* de PANi EB em toda a TCP. E, com isso impede o contato físico máximo das cadeias poliméricas da PANi EB com o metal a ser revestido e o meio eletrolítico.

Como não houve a solubilização total do *binder* de PANi EB nas matrizes poliméricas TCP propostas, este fator possivelmente limitará a atuação eletroquímica máxima da PANi EB na proteção anódica de aços-carbono, mas mesmo assim, representa o efetivo contato físico entre o meio eletrolítico, as cadeias PANi EB e o metal a ser protegido, algo que não ocorre no uso de PANi na forma de pigmento, e é primordial para que ocorram as reações eletroquímicas de oxirredução que ocasionaram a formação da película protetora de óxidos, que é característica da proteção anódica.

Ensaios Eletroquímicos

Voltametria Cíclica (VC)

Os ensaios de caracterização eletroquímica de VC foram realizados em amostras de aço AISI 1010 sem revestimento, com o objetivo de

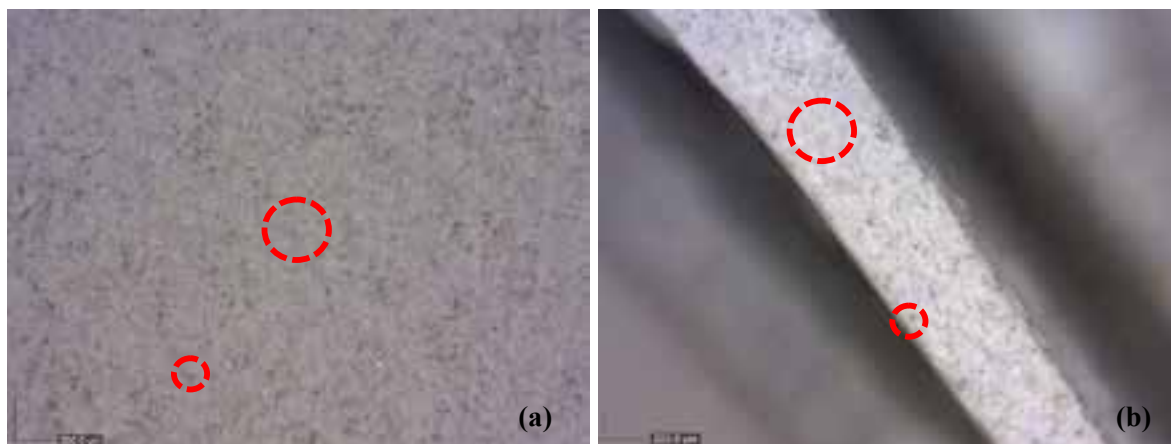


Figura 4 - Imagens de (a) superfície e (b) seção transversal de TIP.

analisar as regiões de oxirredução do metal e a presença ou não de região de passivação.

A análise de VC em AISI 1010 sem revestimento busca identificar os valores de potencial de início e fim da zona de passivação do metal ao ser exposto à solução aquosa de H_2SO_4 2 mol/L, conforme observado na Figura 5. Este ensaio ocorreu a partir da varredura de potencial de -1,00 a +2,00 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$, onde foi possível observar que o potencial de -1,00 a -0,50 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$ representa uma região ativa de redução do sistema, também conhecida como região catódica em que o metal está imune ao meio eletrolítico. Posteriormente, o potencial chega uma região ativa de oxidação, também conhecida como região anódica, que representa a corrosão do metal (12).

A partir do potencial +0,39 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$, tem início a região de passivação do metal, com a presença do potencial de Flade em +0,39 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$, onde ocorre estabilização da densidade de corrente (I ($\text{A} \cdot \text{cm}^2$)), e indica a formação de uma camada compacta e aderente de óxidos de ferro. Após o potencial +1,75 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$, ocorre o processo de transpassivação que permite a evolução de oxigênio na forma de gás (11)(12).

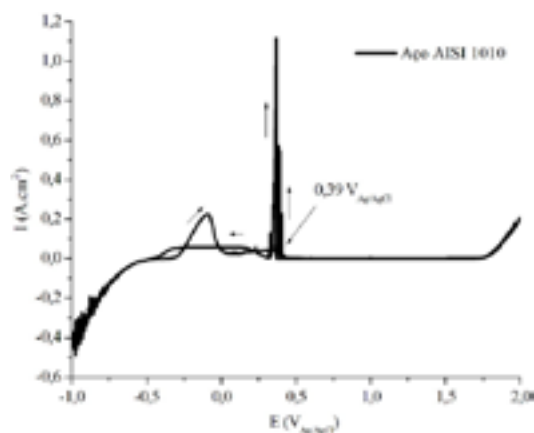


Figura 5 - Voltamograma do aço AISI 1010 sem revestimento, entre -1,00 a +2,00 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$, em solução de H_2SO_4 2 mol/L.

Com isso é possível afirmar que o aço AISI 1010 se passiva ao ser submetido a uma solução aquosa de H_2SO_4 na concentração de 2 mol/L, dentro de uma região de potencial de +0,39 a +1,75 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$ (11). O que permite inferir

que é possível o uso de revestimentos com propriedades eletroquímicas como a TIP produzida, e que esta pode induzir proteção anódica destes metais.

Potencial de Circuito Aberto (OCP)

O ensaio de OCP permite avaliar se a amostra ao ser imersa a um meio corrosivo, pode ser passivada em potencial superior ao potencial de Flade, obtido na análise de VC, o que representa o estado passivado da amostra, mas no caso do potencial ocorrer abaixo do potencial de Flade, portanto, fora da condição de passivação, há o processo de aceleração da corrosão. Como pode ser verificado na Figura 5, o meio de ensaio utilizado foi a solução aquosa de H_2SO_4 2 mol/L, o potencial de Flade para o aço AISI 1010 é de +0,39 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$ e, portanto, se o OCP se mantiver acima deste valor, o material estará no estado passivado.

Os ensaios foram realizados em amostras de aço AISI 1010 sem revestimento e com revestimentos de TCP e a TIP, em período pré-determinado de 18.000 s. Observando que o metal e o filme de PANi EB obtido (TIP), antes de serem submetidos à medição de OCP, são expostos ao meio ambiente por um determinado tempo, e este intervalo de tempo de exposição pode ocasionar o processo de redução parcial ou total do PIC e a oxidação da superfície metálica. Se isso ocorrer, a PANi alterará seu estado oxidado, o que possivelmente impedirá que o revestimento produzido atue como TIP. Para isso, antes da medida de OCP, foi aplicado ao sistema o potencial externo de +1,00 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$ durante 5 s, com o intuito de avaliar o processo de proteção anódica do metal revestido com a PANi no estado oxidado, sem uma possível interferência ambiental ou de manipulação das amostras.

Conforme verificado na Figura 6, as medidas do OCP para aço sem revestimento, apresentou de forma constante ao longo do ensaio o valor de potencial -0,41 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$, o que indica que o metal se encontra em processo de corrosão instalado (12). A amostra de aço AISI 1010 revestida de TCP apresentou um decaimento instantâneo do potencial para -0,44 $\text{V}_{\text{Ag}/\text{AgCl}}$ no tempo 1 s.

Posteriormente ocorre a elevação do potencial de forma gradativa até $-0,27 V_{Ag/AgCl}$, até o tempo 5.995 s, quando ocorre o decaimento do potencial $-0,42 V_{Ag/AgCl}$, que se mantém até o fim da análise. O decaimento instantâneo do potencial pode ser atribuído a uma falha do efeito barreira da TCP e o leve aumento a algum fenômeno de recuperação deste efeito barreira, mas mesmo assim este potencial encontra-se dentro da faixa de potencial de oxidação do metal, característica de corrosão (13).

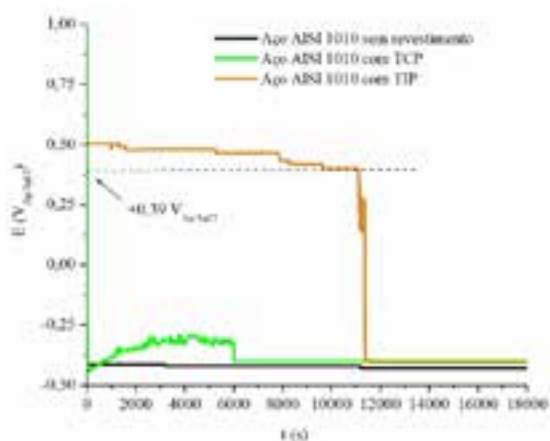


Figura 6 - OCP vs. tempo do aço carbono AISI 1010 com e sem revestimentos de TCP, TIP, expostos a solução de H_2SO_4 2 mol/L. A linha pontilhada a $+0,39 V_{Ag/AgCl}$ indica o potencial de Flade para o aço neste meio.

A análise OCP do aço AISI 1010 revestido de TIP apresentou inicialmente o valor de potencial de $+0,51 V_{Ag/AgCl}$, valor este acima do potencial de Flade, permanecendo nesta condição até o tempo de 11.380 s, quando ocorre o rápido decaimento até o potencial de $-0,39 V_{Ag/AgCl}$. Esta resposta demonstra que o revestimento com adição de binder de PANi EB permite a manutenção do potencial acima do Potencial de Flade, ou seja, a ocorrência do processo de passivação do metal, que permite a inibição do processo de corrosão. Este resultado é reforçado com a presença de variações de potencial próximas ao Potencial de Flade, fator que representa a deterioração da camada de óxidos protetores, dando início ao processo de corrosão do aço AISI 1010.

Os resultados apresentados pelas medidas de OCP x tempo mostram que todas as TIP apresentaram uma região de potencial, por determinado período, que se encontra dentro da região

de passivação do metal exposto à solução aquosa de H_2SO_4 2 mol/L. Estes resultados indicam a possível ocorrência de reações de par redox, características da presença PANi, que proporciona a formação e/ou a manutenção da camada de óxidos insolúveis que protegem o metal contra a corrosão.

Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE)

Os ensaios de caracterização eletroquímica de EIE foram realizados em amostras de aço AISI 1010 sem revestimento e com revestimentos das TCP e TIP. As medições realizadas no aço AISI 1010 quando recobertas de revestimento, ocorreram de acordo com a possível atuação das TIP na proteção anódica do metal, conforme as medições de OCP x tempo, até o período de 11.380 s, posteriormente com o intuito de verificar o fim da atuação da PANi.

A Figura 7 mostra o diagrama de Nyquist do ensaio de EIE do aço AISI 1010 sem revestimento para um período de 0,25 h de exposição a solução aquosa de H_2SO_4 2 mol/L, onde foi verificado um arco com valor de resistência na ordem de $1400 \Omega \cdot cm^2$. Este espectro é típico para este metal neste meio, e indica que a amostra estava sendo submetida ao processo de corrosão, pois seu potencial de circuito aberto encontrava-se na faixa de $-0,41 V_{Ag/AgCl}$ (14).

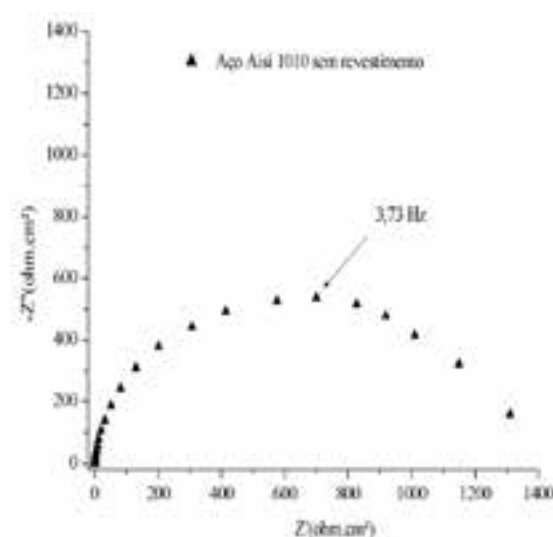


Figura 7 - EIE em representação de Nyquist para (a) aço AISI 1010 sem revestimento e; (b) aço AISI 1010 revestida com TCP, após 0,25 h de imersão em solução de H_2SO_4 2 mol/L.

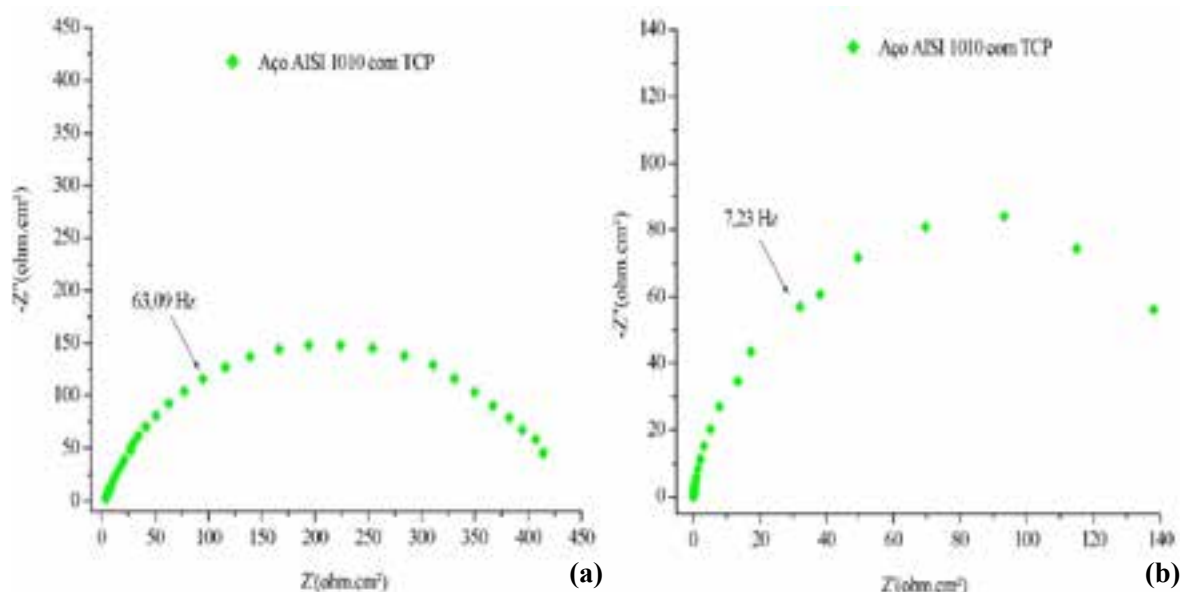


Figura 8 - EIE em representação de Nyquist para aço AISI 1010 revestida com TCP, após (a) 0,25 h e (b) 24 h de imersão em solução de H_2SO_4 2 mol/L.

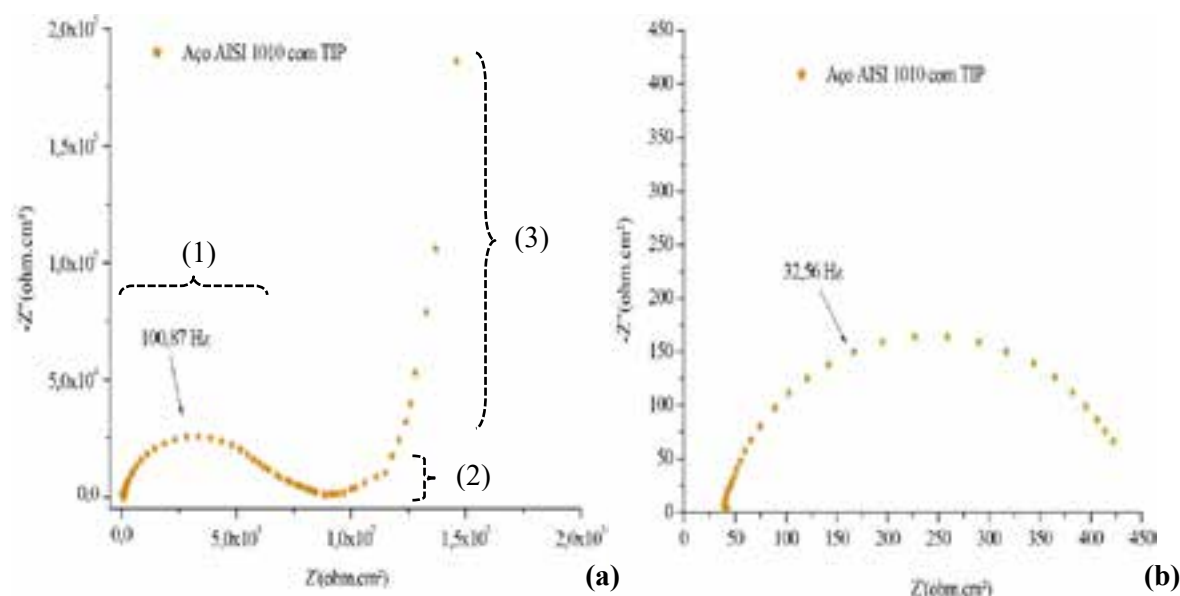


Figura 9 - EIE em representação de Nyquist para aço carbono AISI 1010 revestida com TIP, após (a) 0,25 h e (b) 24 h de imersão em solução de H_2SO_4 2 mol/L.

Os ensaios de EIE na amostra de aço AISI 1010 revestido com TCP foram realizados após 0,25 h e 24 h de exposição da amostra em solução de H_2SO_4 2 mol/L, com o valor de E_{OCP} em -0,33 e -0,40 $V_{Ag/AgCl}$, respectivamente. As Figuras 8ab apresentam arcos de resistência de 450 e 140 $\Omega.cm^2$, o que indica que o revestimento não proporciona uma efetiva barreira contra a corrosão, pois apresenta a mesma

ordem de resistência com de valor semelhante da amostra sem revestimento. Observa-se também que após a passagem de 24 horas uma resistência inferior à amostra exposta a 0,25 h. Com este resultado, associado ao E_{OCP} medido para a realização da análise de EIE, é possível afirmar que a corrosão se encontra instalada no sistema metal/revestimento/eletrolito (15).

O ensaio de EIE na amostra de aço AISI 1010 revestido por TIP, mostrado na Figura 9, foi realizado durante o período em que o valor natural de EOCP era de $+0,49 \text{ V}_{\text{Ag/AgCl}}$ ou seja, em uma faixa de potencial em que supostamente há a atuação da PANi EB na passivação do metal. O espectro obtido para esta amostra de revestimento também apresenta três regiões distintas de frequência: a primeira é representada por um semicírculo incompleto em alta frequência (1) formando um arco de resistência de valor na ordem de $8,5.105 \Omega.\text{cm}^2$; uma segunda com inclinação próxima de 45° nas médias frequências (2); e projeção de uma reta no sentido vertical para baixas frequências (3) (15).

A região de altas frequências (1) na forma de um arco pode ser atribuída ao processo de transferência de cargas no sistema metal/revestimento/eletrolito, quando ocorre o acúmulo de carga na interface revestimento/eletrolito, associado à oxidação do metal. A região em médias frequências (2) pode ser atribuída à difusão iônica de impedância de Warburg, devido ao transporte dos íons dopantes HSO_4^{-1} da solução para dentro do revestimento de TIP, ocorrendo assim a dopagem da PANi EB, e dando início ao aumento da resistência capacitiva. A reta vertical ascendente, região (3), demonstra que a difusão foi interrompida em uma das extremidades do sistema metal/revestimento/eletrodo, e este passa a adquirir um comportamento puramente capacitivo, que é atribuído ao processo de passivação do metal com a presença de óxidos férricos na superfície metálica (11)(15).

Também realizado o ensaio de EIE na amostra de TIP após 24 horas de exposição à solução aquosa de H_2SO_4 2 mol/L, com o objetivo de verificar o comportamento do revestimento em um período em que o E_{OCP} se encontra fora da região de potencial em que possivelmente as TIP atuam na passivação do metal, ou seja, após o fim do período em que a TI protegeu de forma ativa o metal. O ensaio ocorreu após imersão de 24 h em solução de H_2SO_4 2 mol/L, com E_{OCP} de $-0,38 \text{ V}_{\text{Ag/AgCl}}$ apresentou arco de

resistência com início em 43 e fim em 435 $\Omega.\text{cm}^2$, indicando que a amostra possui uma resistência maior que a amostra revestida com TCP, após 24 h de exposição em solução de H_2SO_4 2 mol/L. Este resultado pode ser atribuído às falhas no efeito barreira produzido pelo revestimento e/ou a camada de óxidos férricos protetores produzidos pela atuação eletroquímica da PANi EB contida na TIP, e indica que as TIP não apresentam mais capacidade eletroquímica de promover a formação de par redox no sistema metal/revestimento/meio e que após total redução, a PANi não volta a se reoxidar espontaneamente(12)(15)(16).

Com isso é possível observar que PANi EB contida nas TIP não sofre alterações significativas de sua capacidade eletroquímica em formar par redox no sistema metal/revestimento/eletrolito, e de promover com isto a formação e/ou manutenção do processo de passivação do metal, devido à presença do plastificante CMF utilizada formação do *binder* e de tinta comercial poliuretana bi componente. E que a presença da PANi EB na forma de *binder*, promove a maximização da sua capacidade eletroquímica de atuar na proteção anódica de metais passíveis em determinados meios (11)(16).

Conclusões

Conforme os objetivos propostos, a partir da produção de PANi EP e sua passagem pelo processo de desdopagem para a PANi EB, permitiu realizar a produção de um *binder* de PANi EB pelo uso do solvente CH_2Cl_2 , e o uso do plastificante CMF, que não possui propriedades eletroquímicas que podem interferir nas características desejadas do PIC. Também foi possível realizar a produção e aplicação sobre o aço carbono AISI 1010 da TIP formada pela mistura do *binder* de PANi EB em baixa concentração (1%) à TCP. E que os filmes de TIP formados na superfície do aço carbono utilizado, apresentaram uma espessura média superior aos filmes formados pela TCP, fato de dever ser atribuído da presença do *binder* de PANi EB, mas que não representa um aumento significativo que possa alterar os resultados eletroquímicos.

A análise morfológica de MO apresentou resultados que indicam que uma parte do *binder* de PANi EB encontra-se disperso na forma de pigmento, e outra parte foi solubilizada na forma de resina. Esta configuração permite concluir que não foi possível a solubilização total do *binder* de PANi EB em TCP.

Os resultados apresentados no ensaio de OCP indicaram que as TIP formadas por TCP, apresentou uma região de potencial, que pelo período de 11.380 s se encontrou dentro da região de passivação do aço AISI 1010 expostos à solução aquosa de H_2SO_4 2 mol/L. Estes resultados indicam que a PANi EB proporciona a formação e/ou a manutenção de uma camada de óxidos insolúveis que protegem o metal contra a corrosão.

Os ensaios de EIE utilizados para avaliar o comportamento da TIP produzida neste estudo, e apresentaram resultados que indicam que a presença do *binder* de PANi EB no revestimento comercial agrega propriedades eletroquímicas que promovem ou mantém a formação de óxidos protetores insolúveis nas superfícies metálicas estudadas, devido à capacidade da PANi EB em oxidar o metal dentro de sua faixa de potenciais de passivação no meio estudado.

Com isso é possível atribuir que a TIP pode ser uma alternativa de revestimento anticorrosivo ativo, por determinado período, com capacidade de atuar na formação ou manutenção de óxidos protetores na superfície metálica de metais passivável, além de estar associado de forma sinérgica ao efeito barreira produzida pela resina comercial, em ambientes agressivos, como a solução aquosa de H_2SO_4 2 mol/L.

Referências bibliográficas

- SCHMITT, G.; SCHÜTZE, M.; HAYS, G. F.; BURNS, W.; HAN, E.; POURBAIX, A. *Global Needs for Knowledge Dissemination, Research, and Development in Materials Deterioration and Corrosion Control*. New York: World Corrosion Organization, 2009.
- ARMELIN, E.; MENEGUZZI, A.; FERREIRA, C. A.; ALEMÁN, C. Polyaniline, polypyrrole and poly(3,4-ethylenedioxythiophene) as additives on organic coatings to prevent corrosion. *Surface and Coatings Technology*. v. 203, n. 24, p. 3763-369, sep. 2009.
- AKABARINEZHAD, E.; EBRAHIMI, M.; SHARIF, F.; ATTAR, M. M.; FARIDI, H. R. Synthesis and evaluating corrosion protection effects of emeraldine base PANi/clay nanocomposite as a barrier pigment in zinc-rich ethyl silicate primer. *Progress in Organic Coating*. v. 70, n. 1, p. 39-44, jan. 2011.
- KUMAR, K. K. S.; GEETHA, S.; TRIVEDI, D. C. Freestanding conducting polyaniline film for the control of electromagnetic radiations. *Current Applied Physics*. v. 5, n. 6, p. 603-608, sep. 2005.
- SILVA, R. S.; CARDOZO, H. M.; FERREIRA, J. Z.; FERREIRA, C. A.; MENEGUZZI, A. Filme Autosuportado de Polianilina Desdopada para Aplicações Anticorrosivas. *Polímeros*. v. 22, n. 3, p. 288-294, jun. 2012.
- FREITAS, P. S. *Síntese da polianilina em escala piloto e seu processamento*. Tese (Doutorado em Química). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2000, 149 p.
- BHADRA, S.; KHASTGIR, D.; SINGHAA, N. K.; LEEB, J. H. Progress in preparation, processing and applications of polyaniline. *Progress in Polymer Science*. v. 34, n. 8, p. 783-810, aug. 2009.
- BAJER, M.; ZAGÓRKA, M.; BANY, A.; KWIATKOWSKI, L. Polyaniline in doped and undoped form in anti-corrosion coatings. *Synthetic Metals*. v. 102, n. 1-3, p. 1385, jun. 1999.
- ALEMÁN, C.; FERREIRA, C. A.; TORRAS, J.; MENEGUZZI, A.; CANALES, M.; RODRIGUES, M. A. S.; CASANOVAS, J. On the molecular properties of polyaniline: a comprehensive theoretical study. *Polymer*. v. 49, n. 23, p. 5169-5176, oct. 2008.
- SILVA, R. S.; FERREIRA, C. A.; FERREIRA, J. Z.; MENEGUZZI, A. Anodic Protection of Carbon Steel AISI 1006 Using the *Binder* of Undoped Polyaniline. *Materials Science Forum*. v. 805, p. 155-160, sep. 2014.
- SILVA, R. S. *Binder a base de Polianilina para Proteção Anódica de Aço Carbono*. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M)). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011, p. 113.
- PANOSSIAN, Z. *Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, v. 1, 1993.
- SILVA, R. S.; ALEMAN, C.; FERREIRA, C. A.; ARMELIN, E.; FERREIRA, J. Z.; MENEGUZZI, A. Smart Paint for anodic protection of steel. *Progress in Organic Coating*. v. 78, p. 116-123, jan. 2015.
- DESLOUIS, C.; MASIANI, M. M.; TRIBOLLET, B.; VODTYNTSEV, M. A. Comparison of the AC Impedance of Conducting Polymer Films Studied as Electrode-Supported and Freestanding Membranes. *Journal of The Electrochemical Society*. v. 142, n. 6, p. 1902-1908, 1995.
- FERLONI, P.; MASTROGOSTINO, M.; MENEGHELLO, L. Impedance analysis of electronically conducting polymers. *Electrochimica Acta*. v. 41, n. 1, p. 27-33, 1996.
- DELOUIS, C.; MOUSTAFID, T. E.; MUSIANI, M. M.; TRIBOLLET, B. Mixed ionic-electronic conduction of a conducting polymer film. Ac impedance study of polypyrrole. *Electrochimica Acta*. v. 41, n. 7-8, p. 1343-1349, 1996.

A importância da proteção catódica para as grandes cidades

A proteção catódica é de fundamental importância para a segurança operacional dos sistemas de distribuição de água e gás nas grandes cidades do Brasil e do mundo.

Em todas as grandes metrópoles a distribuição de água e gás é feita através de tubulações de aço enterradas, com baixa, média ou alta pressão.

Essas redes de distribuição precisam ser construídas e operadas com muito cuidado, podendo causar grandes transtornos à população se acontecerem vazamentos.

Existem registros de acidentes com o rompimento de adutoras e a explosão de redes de gás

e bueiros no mundo inteiro e aqui no Brasil. Esses acidentes só não acontecem com maior frequência porque os técnicos e engenheiros de proteção catódica trabalham com dedicação e competência para evitá-los.

Os sistemas de tração eletrificada, utilizados nos trens, metrô e VLTs para o transporte de passageiros e de cargas, injetam correntes elétricas perigosas no solo, que se espalham pelo terreno e retornam às suas estações geradoras de origem, utilizando as tubulações metálicas enterradas das redes de gás e de água como condutores elétricos.

As correntes elétricas produzidas pelas estações geradoras movem as máquinas dos trens



e retornam pelos trilhos até os seus locais de origem. Durante esse trajeto, parte dessas correntes abandona os trilhos e flui pelo solo, alcançando as tubulações metálicas enterradas.

Os locais de entrada de corrente elétrica nos dutos enterrados mudam constantemente de posição devido à movimentação dos trens e não oferecem nenhum risco à segurança dos sistemas de distribuição de água e gás. Nesses locais não há corrosão, uma vez que os potenciais tubo/solo adquirem valores negativos elevados, devido à entrada de corrente nos tubos enterrados.

Já os locais de saída da corrente elétrica para o solo são seriamente corroídos, devido ao processo conhecido como corrosão eletrolítica, com perda acelerada de material metálico dos tubos (da ordem de 9,2kg/A.ano), podendo causar rompimentos, vazamentos e acidentes, se as tubulações não forem devidamente protegidas.

Esses locais de descarga de corrente são fixos e acontecem nas falhas dos revestimentos dos tubos, fazendo com que a corrosão se concentre nesses pontos, levando a tubulação enterrada ao colapso em muito pouco tempo, se providências não forem tomadas com muita rapidez e eficiência.

Esses problemas somente podem ser resolvidos com a instalação dos sistemas de proteção catódica, única maneira de permitir que os sistemas de distribuição de água e gás das cidades convivam em harmonia com os sistemas de tração elétrica dos trens, metrô e VLT's.

Nesses casos os sistemas de proteção catódica utilizam retificadores de corrente e equipamentos de drenagem elétrica.

Os retificadores de corrente são utilizados para modificar os potenciais tubo/solo ao longo de toda a tubulação enterrada, fazendo com que elas operem com potenciais de proteção catódica, iguais ou mais negativos que -0,85V, medidos em relação ao eletrodo de referência de Cu/CuSO₄.

Os equipamentos de drenagem elétrica são utilizados para interligar os trilhos com as tubulações enterradas, de modo a devolver para o sistema de tração as correntes captadas pelos tubos durante o caminhamento dos trens.

Dessa maneira, com a instalação dos retificadores e dos equipamentos drenagem, os técnicos e engenheiros de proteção catódica conseguem organizar o fluxo de corrente elétrica no solo, permitindo que os sistemas de tração eletrificada possam funcionar sem que os tubos enterrados sejam corroídos pelas correntes de fuga.

O problema é tão grave que os sistemas de proteção catódica precisam de atenção permanente, com inspeções frequentes e serviços de manutenção constante.

As correntes de fuga são dinâmicas e mudam constantemente de intensidade, devido à movimentação dos trens, modificações na operação dos sistemas de tração e construção de novos trechos de dutos, que podem modificar o circuito elétrico trem/trilho/solo/duto/trem.



Basta a queima de um simples fusível para tirar um equipamento de operação, fazendo com que o sistema de proteção deixe de operar e a tubulação volte a se corroer rapidamente, podendo furar em poucos meses ou até em poucos dias, dependendo de cada caso.

Para contornar esses problemas os sistemas de monitoração remota dos equipamentos e dos potenciais tubo/solo são uma ferramenta importante, permitindo que os problemas possam ser detectados e solucionados em tempo hábil.

Em todas as companhias de distribuição de água e de gás de todas as grandes cidades do Brasil e do mundo você vai encontrar sempre uma equipe de inspeção e manutenção de proteção catódica, atenta e preparada para evitar que problemas de vazamentos por corrosão aconteçam e causem acidentes.

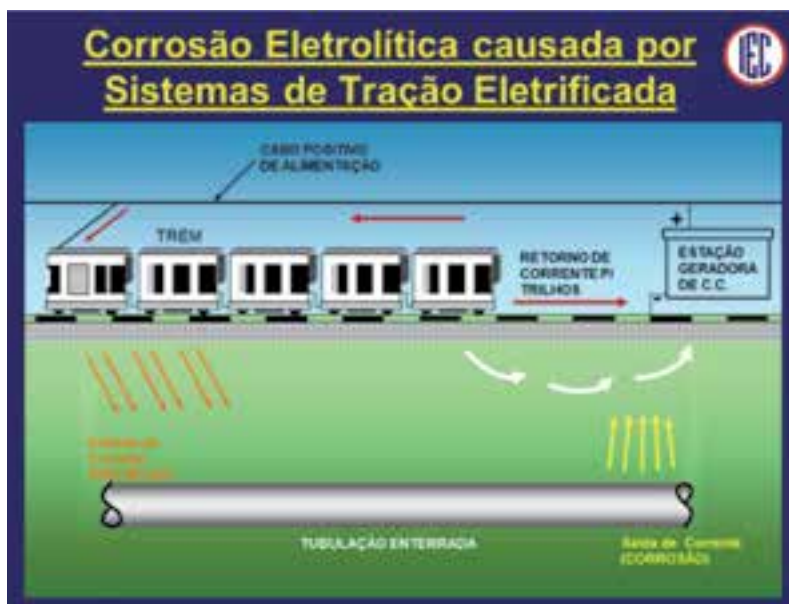
Em muitos casos esses serviços são terceirizados, mediante a contratação de empresas especializadas. Aqui no Brasil, por exemplo, a IEC cuida dos sistemas de proteção catódica das companhias de gás de São Paulo e do Rio de Janeiro, cidades fortemente influenciadas por essas interferências elétricas.

Sem a utilização da proteção catódica seria impossível compatibilizar o funcionamento dos sistemas de transporte por tração eletrificada com as malhas de distribuição de água e gás nas grandes cidades, serviços de fundamental importância para o bem-estar da população.

Luiz Paulo Gomes

Diretor da IEC - Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda
LPgomes@iecengenharia.com.br

Todas as empresas associadas da ABRACO podem, se desejarem, enviar mensagens para esta sessão.



UMA HISTÓRIA DE PARCERIA

A IEC foi fundada em 1970, dois anos depois da criação da ABRACO, que está fazendo 50 anos.

Desde o primeiro momento a IEC apoiou a ABRACO, com a participação ativa nos comitês, congressos, seminários, cursos e muitas outras atividades. Temos orgulho de ter ministrado os primeiros cursos de proteção catódica promovidos pela ABRACO.

Hoje a ABRACO é um exemplo a ser seguido pela sua competência e dedicação na divulgação das técnicas de proteção contra a corrosão.

Parabéns a todos que contribuíram e continuam contribuindo para o sucesso da ABRACO.



MONITORAÇÃO REMOTA DE PROTEÇÃO CATÓDICA (Retificadores e Pontos de Teste)



Se você deseja:

- Economizar tempo;
- Receber manutenção pró-ativa e detecção precoce;
- Minimizar as chances de interrupção do sistema;
- Aumentar a eficiência; a confiabilidade e a segurança de informações...

Nós temos a solução!

Consulte-nos: (21) 2159-9294
iec@iecengenharia.com.br



Sua empresa já conhece os benefícios da Galvanização a fogo?

O que é? É um processo de recobrimento de estruturas metálicas, à base de Zinco, que confere maior durabilidade ao aço, protegendo-o contra a corrosão.



Consulte-nos:

Jundiaí - SP:
11 2152-7988
vendas@bbosch.com.br

Ferropolis - RS:
54 3039-9500
vendasrs@bbosch.com.br

bbosch

Eleições 2019/2021 – Diretoria Executiva da ABRACO

Saiba mais sobre o processo de votação

As cédulas de votação serão enviadas aos associados, em outubro, juntamente com as orientações necessárias para realizar a votação. Os votos serão apurados em dezembro, na Sede da ABRACO, pelo Comitê Eleitoral previamente formado. Os resultados da votação constarão de mapa específico devidamente rubricado pelos membros do Comitê.

Aos associados, solicitamos que seja feita atualização cadastral e regularização da anuidade para participar do processo de eleição.

Segundo o novo Estatuto, aprovado na Assembleia Geral Extraordinária realizada no dia 24 de novembro de 2017, para eleição da Diretoria Executiva, a indicação dos representantes deverá respeitar a diversidade por área de atuação em corrosão e sua prevenção. A relação de candidatos deverá ser constituída, de um candidato representando cada uma das grandes áreas indicadas a seguir:

1. Corrosão Atmosférica, Revestimentos Metálicos e Inorgânicos;
2. Pintura Anticorrosiva e Revestimentos Orgânicos;
3. Corrosão pelo solo, pela água e Proteção Catódica;
4. Corrosão Interna, Inibidores de Corrosão, Biorrosão e Monitoração da Corrosão;
5. Materiais Resistentes à Corrosão, Pesquisa e Ensino da Corrosão.

Para efeito de caracterização da área de atuação do candidato, será considerada a atividade

principal da empresa ou entidade representada para os associados patrocinadores e coletivos e a declaração do candidato no caso dos associados individuais.

A eleição da Diretoria Executiva será realizada separadamente da eleição dos Conselhos, com candidatos próprios e com as mesmas regras, porém na primeira quinzena de dezembro do ano da eleição, com posse marcada para até o dia 30 de março do ano subsequente.

Segundo o estatuto, o Diretor Vice-Presidente será o candidato mais votado entre os propostos para Diretoria, entretanto não poderão ser da mesma área de atividades à qual pertence o Diretor Presidente.

Os diretores serão os candidatos mais votados de cada uma das suas áreas de atividades, podendo ser em cada área até, três da categoria “Patrocinadores”, dois da categoria de “Coletivos” e um da categoria de “Individuais”.

Os votos terão os seguintes pesos:

1. Associado Patrocinador: 5
2. Associado Coletivo: 3
3. Associado Individual: 1

Acesse o Estatuto da ABRACO para saber mais: www.abraco.org.br/institucional/estatuto/

Dúvidas ou informações, envie um e-mail para secretaria@abraco.org.br ou entre em contato pelo telefone: (21) 2516-1962 – Ramal: 23

Material didático sofrerá alterações

De forma a ampliar a área de atuação dos profissionais em outros segmentos que necessitam da prestação deste serviço, a ABRACO irá adotar as Recomendações Práticas (RP's) como material didático para treinamento. Estas RP's também serão utilizadas nos exames de qualificação de Inspetores de Pintura.

O objetivo das RP's é oferecer subsídios técnicos a pessoas, ou mesmo empresas de vários segmentos da indústria brasileira em assuntos contemplados nas normas brasileiras da ABNT, que permita ao usuário interpretar adequadamente, os seus subsídios, para aplicar na solução de problemas de corrosão em seus equipamentos, de suas estruturas e/ou plantas industriais.

Com esta alteração, a partir de janeiro de 2019, as Normas Petrobras não farão mais parte do material didático entregue aos alunos. Entretanto, o link de acesso das Normas Petrobras, bem como de outros segmentos estará disponível para consulta durante o treinamento.

As Recomendações Práticas estão disponíveis para leitura diretamente pelo portal da ABRACO, através do link: www.abraco.org.br/abnt-cb43/recomendacoes-praticas/pintura-anticorrosiva/



ESPAÇO DO INSPECTOR

Determinação da taxa de cloretos: uma atividade importante do Inspetor de Pintura Anticorrosiva

Nós inspetores realizamos no dia a dia importantes medições que são essenciais na qualidade da pintura anticorrosiva.

Porém dentre estas medições a determinação de cloretos se destaca como das mais importantes.

Certamente nas área naval e offshore esta medição é mesmo extremamente relevante, pois a contaminação com cloretos provoca o fenômeno de osmose com substancial redução no desempenho da película protetora.

Utilizamos geralmente o método de Bresle, previsto na Norma ISO 8502-6 - Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface cleanliness - Part 6 - Extraction of soluble contaminants for analysis - The Bresle method

Após a retirada da solução mede-se o teor de cloretos em aparelhos que usam o princípio da variação da condutividade elétrica com a variação da taxa de cloretos. A taxa de cloretos pode ser determinada também por processo de química analítica.

O resultado deve ser comparado com o critério de aceitação do cliente, sendo comum adotar valores inferiores a $7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Leonardo Alves Nascimento
Inspetor de Pintura SNQC 399

Qualificação de pintor

A ABRACO identificou a necessidade de aprimoramento profissional na formação de pintor industrial, de forma a atender a norma ABNT NBR 16378. Essa norma descreve os níveis de formação e os requisitos técnicos para cada um deles. A ABRACO está em fase final de desenvolvimento do processo de qualificação de pintores Nível 1 (Rolo e Trincha). Esse processo encontra-se em fase final de teste de avaliação teórica e prática a ser aplicada.

A qualificação, aliada à qualidade e experiência adquirida pela ABRACO nesses 50 anos de atividades voltadas a área de corrosão e pintura industrial (inspeção), possibilita a valorização desses profissionais, introduzindo nesse processo conceitos e procedimentos adequados a serem aplicados nessa atividade. À medida que a qualificação dos profissionais desse nível for sendo

realizada, a ABRACO já vem desenvolvendo os demais níveis de qualificação – Nível 2 (pistola convencional e airless), jatistas e hidrojatistas. Para tanto, as empresas associadas a ABRACO estão sendo convidadas a participarem desse processo de qualificação.

Os centros de treinamento que aplicam esse curso, já estão adequados para atender o conteúdo programático da norma ABNT. Além disso, a ABRACO, também vem preparando o curso de formação de pintores, a ser aplicado nas instalações do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ), à partir do convênio firmado entre as duas instituições.

A valorização profissional é o principal objetivo da ABRACO. Este certamente será mais um desafio a ser superado, com a qualidade técnico-profissional ABRACO.



ZINCOLIGAS
Indústria e Comércio Ltda.

ANODOS DE PROTEÇÃO CATÓDICA
CATHODIC PROTECTION ANODES

- ANODOS GALVÂNICOS DE ALUMÍNIO, ZINCO E MAGNÉSIO;
- ANODOS DE TIPO:
- ANODOS DE Fe, Si, Cr;
- CANISTER COM MOINHA DE COQUE;
- ELETRODOS DE REFERÊNCIA;
- SISTEMAS COMPLETOS DE ICCP (ON SHORE E OFF SHORE);
- LEVANTAMENTOS DE CAMPO, ESTUDOS, DIMENSIONAMENTO, PEÇAS PARA TESTES;
- EFICIÊNCIA DA PROTEÇÃO CATÓDICA EM PROJETOS PRÓPRIOS E DE TERCEIROS COM SUPORTE TÉCNICO ON-LINE E FABRICAÇÃO DE MOLDES ESPECIAIS SOB MEDIDA.



ANODOS



LABORATÓRIO

Matriz SP
Rua do Bronze, 380 - Bairro do Comedor - Itaquaquecetuba
Fone: +55 (11) 4646-1210

Filial RS
Rua Gilda Lopes, 471 - Bairro Rondônia - Novo Hamburgo
Fone: +55 (51) 3582-0013

Filial SC
Av Celso Ramos, 5093 - Urubiquara - Garuva
Fone: +55 (47) 3423-0450

Filial RJ
Av Prof. Samir Hassier, 2055 - Três Rios - Três Rios - RJ
Fone: +55 (24) 2252-6879

Fone: +55 (11) 4646-1210 | zincoligas@zincoligas.com.br | www.zincoligas.com.br

ABRACO viabiliza mais um Workshop de Galvanização a Fogo

Palestrantes falaram sobre a integração com outras técnicas de proteção anticorrosiva

Em meados de setembro, a ABRACO (Associação Brasileira de Corrosão) promoveu o “II Workshop de Galvanização a Fogo - experiências e aplicações” em parceria com o ICZ (Instituto de Metais Não Ferrosos) e com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). O evento foi realizado no IPT, na cidade de São Paulo, e aproximadamente 100 pessoas estiveram presentes para prestigiar o evento.

Para o sucesso do seminário, a entidade foi beneficiada com o patrocínio da Nexa Resources e da IZA (International Zinc Association). O encontro teve como objetivo fomentar o debate das melhores práticas com a utilização do zinco para a proteção contra corrosão. Além dessas instituições, o workshop contou com envolvimento das empresas Akro-Plastic, ArcelorMittal, Atlanta Equipamentos, BBosch, Beretta Galvanização, Brafer, Caixa Econômica Federal, Equilam, Equipoman, FATEC, FGMF Arquitetos, Galvanização Josita, Grupo Soufer, Ingelec, Lisy Metalurgia, Lumegal, Macseal, Marinha do Brasil, Maxtil, Montevale, Nexa, Petrobras, Santa Líbera, Senai FIEMG, Sherwin Williams, Soltec, Tinôco Anticorrosão, Zingametall e Ztec Metais.

No evento, foram abordados diversos assuntos importantíssimos referentes à corrosão, destacando “Galvanização a fogo: o que é e seus benefícios”, “Cases de sucesso: Sistema Duplex”, “Uso de elastômeros na proteção anticorrosiva pelo enclausuramento de parafusos em estruturas galvanizadas de usinas solares”, “A visão da Petrobras na Galvanização a Fogo após ensaios de campo na Praia de Atalaia (Sergipe)”, “A Galvanização a Fogo em estruturas de painéis fotovoltaicos”, “Substitutos do zinco: difícil função”, “Novos cases de armaduras zincadas”, “A Galvanização a fogo na Arquitetura” e “Qualificação e Certificação de Inspetor de Galvanização por Imersão a Quente”.

Para enriquecer ainda mais o seminário, sua programação contou com uma visita técnica ao Laboratório de Corrosão do IPT. Segundo os organizadores do workshop, o evento propiciou mais uma oportunidade para difusão da galvanização como proteção anticorrosiva e o público participou ativamente das discussões sobre o tema. Além disso, os participantes elogiaram bastante o evento e relataram estar esperando a próxima edição, que foi agendada para o dia 10 de setembro de 2019, no mesmo local.

Mensagem do Gerente de Certificação da ABRACO

Informamos que a norma ABNT NBR 15218, documento que trata dos critérios para a qualificação e certificação de Inspetores de Pintura Industrial, está sendo analisada no Comitê Brasileiro de Corrosão (CB-43) da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Dentre os itens que estão avaliados, destaca-se o requisito de manutenção da certificação, onde é exigida a comprovação da efetiva prestação de serviços profissionais por um período de 15 meses, consecutivos ou não, na função para a qual o profissional se encontra certificado.

Ednilton Alves | edniltonalves@abraco.org.br



A ABRACO participou do ConaEnd & Iev - Congresso Anual de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção, com uma sessão especial: Corrosão - redução, prevenção e soluções atuais, coordenado por Simone Brasil (UFRJ) e Denise Freitas (INT).

Dentro desta sessão, destacou-se o Painel: Corrosão - Monitoração, Controle e Mitigação, com a participação de Mauro Barreto (IEC), Victor Gomes (CENPES/Petrobras) e Neusvaldo Lira (IPT), além da apresentação de duas palestras proferidas por André Pelliccione (Petrobras) e Irwin Guedes (Petrobras), além do trabalho técnico: Avaliação da influência da injeção de hipoclorito de sódio em processos corrosivos (Pablo Uchôa Bartholo, Sara Fernandes Lima, Samuel Santos de Castro, Una Pessoa Ramos Pereira das Neves, Carlos Alberto Leal (PetroRio S.A.).

ICC & Intercorr 2020

Em 2020, a ABRACO promoverá no Brasil, na cidade de São Paulo, o ICC & INTERCORR 2020 - 21st International Corrosion Congress & 8th International Corrosion Meeting.

O ICC é considerado o maior encontro de corrosionistas do mundo e esta é a segunda vez que ele acontece na América Latina. Em 1978, a própria ABRACO teve a honra de realizá-lo no Rio de Janeiro.

O tradicional INTERCORR, mais representativo evento de prevenção à corrosão do País, será realizado concomitantemente com o ICC, no período de 10 a 14 de maio de 2020, no Centro de Convenções Frei Caneca.

No último dia 13 de setembro, a Prof. Simone Brasil, representou a ABRACO na Reunião do Conselho Executivo do ICC - International Corrosion Council, onde foi apresentado o planejamento geral do evento. O plano foi totalmente aprovado pelo Conselho, dando início, assim, aos trabalhos de organização do ICC & INTERCORR 2020.

Antes do final deste ano já estará no ar a Chamada para Trabalhos Técnicos. Será uma excelente oportunidade para apresentação de trabalhos com reconhecimento internacional.

Em breve, a ABRACO disponibilizará mais informações em seu site e redes sociais.

Fique ligado!

Michelle Siqueira
Coordenadora de Eventos da ABRACO
coordenacao.eventos@abraco.org.br

Agenda de eventos

Conheça a programação preliminar dos eventos agendados para o segundo semestre de 2018:

EVENTO	DATA	LOCAL	CIDADE SEDE
REVESTIMENTOS 2018 Seminário Brasileiro de Revestimentos em Dutos Para os Inspetores de Pintura Industrial certificados pelo SNQC-CP, este seminário conta pontos no método de crédito estruturado.	30 de outubro de 2018	INT - Instituto Nacional de Tecnologia	Rio de Janeiro - RJ
CORROSÃO INTERNA 2018 II Seminário Brasileiro de Corrosão Interna	22 de novembro de 2018	Sede da ABRACO	Rio de Janeiro - RJ
SBPA 2018 V Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva Para os Inspetores de Pintura Industrial certificados pelo SNQC-CP, este seminário conta pontos no método de crédito estruturado.	05 de dezembro de 2018	INT - Instituto Nacional de Tecnologia	Rio de Janeiro - RJ
SBPC 2018 III Seminário Brasileiro de Proteção Catódica	12 de dezembro de 2018	IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas	São Paulo - SP

PARTICIPE!

MAIS INFORMAÇÕES E INSCRIÇÕES NO SITE DA ABRACO: WWW.ABRACO.ORG.BR

SEMINÁRIO BRASILEIRO DE REVESTIMENTOS EM DUTOS

Horário	Atividade
8h30 - 9h	Credenciamento
9h - 9h20	Abertura
9h20 - 9h45	Importância e impacto das especificações técnicas das etapas de qualificação e aplicação de revestimentos orgânicos <i>Guilherme Eller Haverroth Petrobras</i>
9h45 - 10h10	Padronização de revestimentos como forma de minimizar interfaces <i>Fabio Braga Azevedo Petrobras</i>
10h10 - 10h35	Revestimento interno/Liner <i>Cristiane Xavier CENPES/Petrobras</i>
10h35 - 11h	Intervalo
11h - 11h25	Soluções não convencionais para isolamento térmico de duto <i>Normando Cunha Shawcor</i>
11h25 - 11h50	Soluções não convencionais para isolamento térmico de duto <i>Leonardo Moura Dow</i>
11h50 - 12h15	Preparação de superfície: propriedades de granalhas de aço <i>João Pilon e Edson Ionedá IKK do Brasil</i>
12h15 - 13h25	PAINEL: Preparação de superfície: Equipamentos portáteis de jateamento <i>Carlos André Granafer</i> <i>Ricardo Lorizolla RC Comercial</i> <i>Miguel Roca Expanjet Global</i> <i>Fernando Vieira CMV</i>
13h25 - 15h	Almoço
15h - 15h25	Inspeção não destrutiva de juntas de campo <i>Palestrante a definir CENPES/Petrobras</i>
15h25 - 15h45	Juntas de Campo para isolamento térmico - Instalações em HDD <i>André Lemuchi Shawcor</i>
15h45 - 16h25	Impacto da superproteção catódica no revestimento e shielding <i>Mauro Chaves Barreto IEC</i>
16h25 - 16h50	Revestimentos elastoméricos <i>Erik Barbosa Nunes e Jeferson Leite de Oliveira Petrobras</i>
16h50 - 17h30	Apresentação da Revisão da Norma N-2238 <i>Carlos Alexandre Martins Transpetro e Thiago Bouças Petrobras</i>
17h30 - 17h40	Encerramento

**Programação sujeita a alteração sem aviso prévio.*

II SEMINÁRIO BRASILEIRO DE CORROSÃO INTERNA

Horário	Atividade
8h - 8h30	Credenciamento
8h30 - 8h45	Abertura
8h45 - 9h45	Tecnologia Digital: Oportunidades da Indústria 4.0 e IOT para a Monitoração da Corrosão Interna <i>Palestrante a definir</i>
9h45 - 10h45	Segurança: Requisitos para operações seguras das atividades de Monitoração da Corrosão <i>Ricardo Mouro IEC</i>
10h45 - 11h15	Intervalo
11h15 - 12h15	Gestão do Ciclo de Vida de Ativos: estratégias de avaliação e mitigação da Corrosão Interna para maior segurança e retorno financeiro <i>Pedro Altoé CENPES/Petrobras</i>
12h15 - 12h30	Perguntas & Respostas
12h30 - 13h30	Almoço
13h30 - 14h15	Qualificação do Profissional de Corrosão Interna: Oportunidades de treinamento e certificação <i>Ednilton Alves ABRACO</i>
14h15 - 14h45	Novos Ativos: Requisitos de projeto necessários para a monitoração e controle da Corrosão Interna no setor dutoviário <i>Sergio Furley Petrobras</i>
14h45 - 15h45	O Cenário da Corrosão: Perspectivas atuais e futuras de unidades operacionais na cadeira integrada de óleo e gás <i>Palestrante a definir ANP</i>
15h45 - 16h20	MESA-REDONDA O profissional do amanhã: a importância da capacitação dos profissionais ligados à corrosão interna para a sustentabilidade do negócio <i>Pedro Altoé Petrobras</i> <i>Carlos Alexandre Martins Transpetro</i> <i>Laerce de Paula Nunes ABRACO</i>
16h20 - 16h30	Encerramento

**Programação sujeita a alteração sem aviso prévio.*

V SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PINTURA ANTICORROSIVA

Horário	Atividade
8h - 8h30	Credenciamento
8h30 - 9h	Abertura
9h - 9h30	Seleção de esquemas de pintura para estrutura e equipamentos portuários <i>Bernardo Rocha Vale</i>
9h30 - 10h	Novas tecnologias de revestimentos <i>Palestrante a definir Petrobras</i>
10h - 10h30	Intervalo
10h30 - 11h	Esquemas de pintura utilizados no setor elétrico <i>Cristina Amorim Eletrobras</i>
11h - 11h30	Novas tecnologias do setor de saneamento <i>Palestrante a definir Sabesp</i>
11h30 - 12h	Sistemas de pintura na área naval <i>Palestrante a definir Marinha do Brasil</i>
12h - 13h30	Almoço
13h30 - 15h30	PAINEL: Avanços tecnológicos na fabricação de tintas
15h30 - 16h	Novas tecnologias de hidrojato com abrasivo <i>Mario Teixeira Eco restauradora</i>
16h - 17h	PAINEL: Proteção anticorrosiva em condições especiais <i>Diego Hita Hita</i> <i>Emílio Castro Tecnofink</i> <i>Marcelo Tinôco Tinôco Anticorrosão</i>
17h - 17h30	Revestimentos nanoestruturados na proteção anticorrosiva <i>Neusvaldo Lira - IPT</i>
17h30 - 17h45	Encerramento

**Programação sujeita a alteração sem aviso prévio.*

III SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO CATÓDICA

Horário	Atividade
8h30 - 9h	Credenciamento
9h - 9h30	Abertura
9h30 - 10h15	Utilização de zinco aspergido termicamente como anodo de sacrifício para a proteção interna de juntas soldadas <i>João Paulo Klausling Petrobras</i>
10h15 - 11h	Inspeção indireta do sistema de proteção catódica <i>Caio de Abreu COMGAS</i>
11h - 11h30	Intervalo
11h30 - 12h15	Proteção catódica de dutos terrestres <i>Antonio Caetano IEC</i>
12h15 - 13h	Integridade de dutos terrestres <i>Marcelo Lopes Transpetro</i>
13h - 14h30	Almoço
14h30 - 15h15	Integridade de dutos terrestres <i>Marcelo Cruz COMGAS</i>
15h15 - 16h	Proteção Catódica de torres de linhas de transmissão <i>Hugo Goulart Zincoligas</i>
16h - 16h15	Encerramento

**Programação sujeita a alteração sem aviso prévio.*

Cursos Nível 1 para Profissionais de Proteção Catódica

A Associação Brasileira de Corrosão irá promover nos meses de outubro e novembro deste ano, pela primeira vez, Cursos para Qualificação de profissionais de Proteção Catódica Nível 1. As turmas, divididas nos focos offshore (marítimo) e onshore (terrestre), estão previstas para ocorrer, respectivamente, nos períodos de 15 a 19 de outubro e 26 a 30 de novembro, ambas com aulas na sede da ABRACO, no Centro do Rio de Janeiro/RJ.

Nestas turmas inaugurais serão concedidos descontos especiais para associados e membros da Comissão de Proteção Catódica, assim como alguns benefícios para empresas que tenham interesse em inscrever mais de um candidato nas turmas. Os cursos chegam ao mercado num momento crucial onde a necessidade de qualificação da demanda de profissionais de proteção catódica é incrementada pelos efeitos da crise econômica que atingiu também as empresas do ramo.

Nestas turmas teremos a composição do corpo docente formada por profissionais renomados na área, como o autor de livros sobre o tema, o professor **Laerce Nunes**, o presidente da Comissão de Proteção Catódica, **João Klausing**, o engenheiro eletrônico e gestor de projetos, **Antonio Caetano**, e o Doutor em Corrosão com anos de atuação na área de



Curso de Inspetor de Pintura N1



Proteção Catódica, **Walmar Batista**. No site da ABRACO podem ser encontradas informações como: programa dos cursos, currículo completo dos instrutores, objetivo, metodologia e pré-requisitos de cada turma.

Nelio Xavier
Coordenador de Cursos da ABRACO
cursos@abraco.org.br



Da esquerda para direita, Laerce Nunes, João Klausing, Antonio Caetano e Walmar Batista

Programação de cursos

	LOCAL	CH	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Intensivo para Inspetor de Pintura Nível 1	Rio de Janeiro/RJ	40									10 a 14			
Pintor e Encarregado de Pintura	Rio de Janeiro/RJ	40				16 a 20								10 a 14
	Macaé/RJ	40								27 a 31				
Inspetor de Pintura Nível 2	Rio de Janeiro/RJ	40										01 a 05		
	São Paulo/SP	40					21 a 25							
Profissionais de Proteção Catódica Nível 1	Rio de Janeiro/RJ	40										15 a 19	26 a 30	
Inspetor de Pintura Nível 1	Jaraguá do Sul/SC	88								20 a 31				
	Macaé/RJ	88				02 a 13			30/SET a 10/AGO				26/NOV a 07/DEZ	
	Dias D'Ávila/BA	88										15 a 26		
	Fortaleza/CE	88											12 a 23	
	Rio de Janeiro/RJ	96	22/JAN a 03/FEV								17 a 29			
	São Paulo/SP	96						04 a 16						03 a 15
Corrosão: Fundamentos, Monitoração e Controle	Rio de Janeiro/RJ	24								13 a 15				
Corrosão, Revestimento e Proteção Catódica	Rio de Janeiro/RJ	24			12 a 14									
	São Paulo/SP	24									10 a 12			
Básico de Corrosão	Rio de Janeiro/RJ	8								15				
Básico de Proteção Catódica	Rio de Janeiro/RJ	8										20		
Básico de Pintura Industrial	Macaé/RJ	8								11				
	Rio de Janeiro/RJ	8		24									24	
	São Paulo/SP	8												08
Recertificação de Inspetor Nível 1	Rio de Janeiro/RJ	8		24		28						20		08
Recertificação de Inspetor Nível 2	Rio de Janeiro/RJ	8											24	



EMPRESAS ASSOCIADAS

A IDEAL SOLUÇÕES ANTICORROSIVAS EIRELI ME
www.aideal.com.br/site/

ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.
www.advancetintas.com.br

AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS
www.akzonobel.com/international

BBOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.
www.bbosch.com.br

BLASPINT MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.
www.blaspint.com.br

CEPEL - CENTRO PESQ. ENERGIA ELÉTRICA
www.cepel.com.br

CIA. METROPOLITANO SÃO PAULO – METRÔ
www.metro.sp.gov.br

DE NORA DO BRASIL LTDA.
www.denora.com

DEEPWATER DO BRASIL ENGENHARIA LTDA.

EGD ENGENHARIA LTDA.
www.egdengenharia.com.br

ELÉTRON QUÍMICA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.
www.eletronquimica.com.br

FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA
www.firstfischer.com.br

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A
www.furnas.com.br

G P NÍQUEL DURO LTDA.
www.grupogp.net

GAIATEC COM. E SERV. AUT SISTEMAS DO BR LTDA.
www.gaiatecsistemas.com.br

HAPO PINTURAS LTDA – ME
www.grupohapopinturas.com.br

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.
www.hita.com.br

IEC INSTALAÇÕES E ENG^a DE CORROSÃO LTDA.
www.iecengenharia.com.br

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA – INT
www.int.gov.br

ITAGUAÍ CONSTRUÇÕES NAVAIS - ICN
www.icnavais.com

JOTUN BRASIL IMP. EXP. E IND. DE TINTAS LTDA.
www.jotun.com

MARINE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE TINTAS LTDA.
www.marinetintas.com.br

MORKEN BRASIL COM. E SERV. DUTOS E INSTAL. LTDA.
www.morkenbrasil.com.br

PAUMAR S.A - INDÚSTRIA E COMÉRCIO (WEG TINTAS LTDA.)
www.weg.net

PETROBRAS S/A - PETRÓLEO BRASILEIRO /CENPES
www.petrobras.com.br

PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO
www.transpetro.com.br

PINTURAS YPIRANGA LTDA.
www.pinturasypiranga.com.br

PRESSERV DO BRASIL LTDA.
www.cortecpresserv.com.br

PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.
www.promarpintura.com.br

RENNER HERRMANN S/A
www.renner.com.br

REVESTIMENTOS E PINTURAS BERNARDI LTDA.
bernardi@pinturasbernardi.com.br

SACOR SIDEROTÉCNICA S/A
www.sacor.com.br

SMARTCOAT ENGENHARIA EM REVESTIMENTOS LTDA.
www.smartcoat.com.br

TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLÍVIA – BRASIL
www.tbg.com.br

TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.
www.tsbrasil.srv.br

TECNOFINK LTDA.
tecnofink.com

TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.
www.tinocoanticorrosao.com.br

W&S SAURA LTDA.
wsequipamentos.com.br

ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.
www.zerust.com.br

ZINCOLIGAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
www.zincoligas.com.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

MISSÃO

Difundir e desenvolver o conhecimento da corrosão e da proteção anticorrosiva, congregando empresas, entidades e especialistas e contribuindo para que a sociedade possa garantir a integridade de ativos, proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos da corrosão.

ATIVIDADES

CURSOS: Ministra cursos em sua própria sede, que conta com modernas instalações. Também são realizados cursos em parceria com importantes instituições nacionais de áreas afins e cursos In Company, sempre com instrutores altamente qualificados.

EVENTOS: Organiza periodicamente diversos eventos como: congressos, seminários, palestras, workshops e fóruns, com o objetivo de promover o intercâmbio de conhecimento e informação, além de compartilhar os principais avanços tecnológicos do setor.

QUALIFICAÇÃO E CERTIFICAÇÃO: Mantém um programa de qualificação e certificação de profissionais da área de corrosão e técnicas anticorrosivas, por meio do seu Conselho de Certificação e do Bureau de Certificação.

BIBLIOTECA: Possui uma Biblioteca especializada nos temas corrosão, proteção anticorrosiva e assuntos correlatos. O acervo é composto por livros, periódicos, normas técnicas, trabalhos técnicos, anais de eventos e fotografias da ação corrosiva.

CB-43: Coordena o CB-43 – Comitê Brasileiro de Corrosão, que abrange a corrosão de metais e suas ligas no que concerne à terminologia, requisitos, avaliação, classificação, métodos de ensaio e generalidade. O trabalho é desenvolvido desde 2000, após aprovação da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

COMUNICAÇÃO: Utiliza canais de comunicação para informar ao mercado e à comunidade técnico-empresarial todas as novidades da área, conquistas da Associação, dos filiados e de parceiros, por meio de boletins eletrônicos, site, redes sociais e revista.

ASSOCIE-SE À ABRACO E APROVEITE SEUS BENEFÍCIOS:

Descontos em cursos e eventos técnicos

Descontos significativos nas aquisições de publicações
na área de corrosão e proteção anticorrosiva

Descontos em anúncios na Revista Corrosão & Proteção

Recebimento de exemplares da Revista Corrosão & Proteção

Pesquisas bibliográficas gratuitas na Biblioteca da ABRACO

Inserção do perfil da empresa no site institucional da ABRACO

E MUITO MAIS! PARTICIPE DO DESENVOLVIMENTO DA ÁREA!



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

Av. Venezuela, 27 • Centro/RJ • CEP 20081-311

(21) 2516-1962 • www.abraco.org.br

Facebook: facebook.com/abraco.oficial

LinkedIn: linkedin.com/company/associacaobrasileiradecorrosao/

Instagram: [@abraco_br](https://instagram.com/abraco_br)

Youtube: Associação Brasileira de Corrosão

CONTATOS DOS SETORES

Associados: secretaria@abraco.org.br

Biblioteca: biblioteca@abraco.org.br

CB-43: cb43@abraco.org.br

Comunicação: marketing@abraco.org.br

Eventos: eventos@abraco.org.br

Financeiro: financeiro@abraco.org.br

Gerência Geral: gerenciageral@abraco.org.br

Presidência: presidencia@abraco.org

Qualificação e Certificação: qualificacao@abraco.org.br

Treinamentos: cursos@abraco.org.br