

Corrosão & Proteção

Revista da Associação Brasileira de Corrosão • ISSN 0100-1485 • Ciência e Tecnologia em Corrosão

Ano 17 | nº 72 | set/out/nov/dez 2020



ICC INTERCORR WCO 2021
Congresso será
realizado em
formato virtual

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

Olga Baptista Ferraz - INT

Vice-presidente

Zehbour Panossian - IPT

Diretores

Danilo Natalio Sanches - ZINCOLIGAS

Eduardo Torres Serra - INDIVIDUAL

Adauto Carlos Colussi Riva - RENNER COATING

Carlos Roberto Patrício - BBOSCH

Diego Gonzalo Hita - HITA

José Rocha Andrade da Silva - ELÉTRON QUÍMICA

Conselho Editorial

Dra. Célia Aparecida Lino dos Santos

Dra. Olga Baptista Ferraz

Aldo Cordeiro Dutra - ABRACO

Caroline Sousa - ABRACO

Laerce de Paula Nunes - IEC

REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO

Revisão Técnica

Aldo Cordeiro Dutra - ABRACO

Jornalista Responsável

Luis Monteiro (Mtb 17055/RJ)

Redação e Publicidade

ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão

Fotografias

Arquivo ABRACO, arquivos pessoais, 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. O periódico é publicado trimestralmente no site da Associação (www.abraco.org.br/revistas). 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
- 04** GRANDES NOMES DA CORROSÃO
Dr. Stephan Wolyneç
- 06** ICC INTERCORR WCO 2020
- 10** OPINIÃO ASSOCIADO
Sanando vazamento de óleo e SF6 em transformadores de forma rápida e eficaz
- 13** ARTIGO TÉCNICO
Ocorrência de trincas associadas à corrosão em dutos enterrados
*Aldo Cordeiro Dutra;
Laerce de Paula Nunes*
- 20** ARTIGO TÉCNICO
A importância do teste de aderência das películas de tinta pelo método de resistência à tração
Leonardo Alves Nascimento
- 24** ARTIGO CIENTÍFICO
Avaliação de custo e benefício de esquemas de pintura de base aquosa, contendo tintas de fundo pigmentadas com zinco, em comparação a esquemas tradicionais
Alberto Pires Ordine, Cristina da Costa Amorim, Filipe Batista Fonte, Marcos Martins de Sá, Wendell Porto de Oliveira
- 38** ARTIGO CIENTÍFICO
Avaliação da utilização de inibidores de *flash rusting* sob pintura anticorrosiva em condição de imersão a elevadas temperaturas
Leonardo Mukim de Moraes, Arariboia Martins da Cruz Lobo
- 48** Notícias ABRACO
- 52** VII Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva
- 53** Seminário de Corrosão Interna e Externa de Dutos
- 54** Empresas associadas

A ABRACO cumprindo seus objetivos: a valorização do profissional brasileiro

Assim preceitua a missão da Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO: 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.

Para que esta missão seja cumprida, a Associação congrega especialistas, centros de pesquisas, universidades e empresas devotadas ao estudo e ao combate da corrosão, realizando cursos, eventos, reuniões técnicas, fóruns de discussão, dentre outras iniciativas.

Dentro deste contexto, os profissionais brasileiros são o nosso maior patrimônio, sendo que a ABRACO desenvolveu ao longo de seus 52 anos muitos programas de disseminação do conhecimento em corrosão e proteção anticorrosiva, através de diversos tipos de treinamentos, em especial, o Curso para Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Níveis 1 e 2, capacitando mais de 6.000 profissionais em todo o Brasil.

A ABRACO, conforme critérios estabelecidos na Norma ABNT NBR 15218 (2018), é um Organismo de Certificação de Pessoas (OPC) na área de Inspeção de Pintura Industrial pelo Sistema Nacional de Qualificação e Certificação em Corrosão e Proteção - SNQC-CP. A ABRACO é devidamente reconhecida na Norma Petrobras N-2941 e já certificou mais de 1.000 profissionais.

Ressaltamos que a ABRACO em conjunto com a ABENDI, ABRAMAN e FBTS, segue em defesa dos profissionais certificados pelos sistemas nacionais, tendo como diferencial a qualidade e o custo acessível que atende à realidade brasileira.

Consideramos importante salientar que a ABRACO permanece ao lado dos profissionais brasileiros, em especial dos Inspetores de Pintura na luta pelo exercício da profissão destes profissionais.

Por outro lado, estamos vivendo uma nova era, tendo que nos reinventar, ou seja, continuar a preparar os profissionais brasileiros sem os cursos totalmente presenciais, o que tem sido um desafio e uma certeza de um futuro promissor.

Profissionais de corrosão e proteção anticorrosiva: continuemos juntos. A ABRACO estará sempre com vocês.

Laerce de Paula Nunes

Presidente do Conselho
Deliberativo da ABRACO



Olga Baptista Ferraz

Presidente da ABRACO



GRANDES NOMES DA CORROSÃO

Dr. Stephan Wolyneć

Por Laerce de Paula Nunes e Aldo Cordeiro Dutra



Um importante professor e pesquisador da Corrosão no Brasil

O Dr. Stephan Wolyneć é um eminente professor universitário e pesquisador brasileiro, estudioso da corrosão e da eletroquímica, com toda uma vida dedicada à corrosão e à proteção anticorrosiva, com uma inigualável capacidade de trabalho.

Sempre foi um profissional motivador do interesse pela pesquisa da corrosão no País, tendo concebido e implantado o Laboratório de Corrosão e Eletrodeposição do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A. - IPT.

Começou suas atividades ligadas à corrosão em 1964, na Seção de Físico-Química Metalúrgica do IPT. De longa data, o Laboratório de Metalografia do IPT, liderado pelo então Eng^o Hubertus Colpaert, executava para a comunidade estudos de falhas de metais em serviço. Em 1964 os casos que envolviam corrosão foram repassados à Seção do Prof. Wolyneć que, no ano seguinte, acabou transformando esta seção em *Laboratório de Corrosão e Eletrodeposição*.

O Dr. Wolyneć nasceu na Ucrânia, em Korownyky, no dia 10/01/1936. Veio para o Brasil em 17/04/1947, radicando-se na cidade de São Caetano do Sul, no Estado de São Paulo, tendo adotado a nacionalidade brasileira. Fez seus primeiros estudos na Escola do Campo de Refugiados em Salzburg, Áustria (após o término da 2^a Guerra Mundial), e deu sequência aos

estudos em escolas públicas no Brasil, concluindo o curso científico em 1955 e ingressando em seguida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, graduando-se em Engenharia Metalúrgica em 1960. Em 1968 foi para a Universidade de Sheffield, Inglaterra, onde obteve em 1970 o título de PhD - Philosophy Doctor pelo Departamento de Metalurgia.

Antes de ingressar no IPT trabalhou em empresas do ramo metalúrgico e também atuou como professor na Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie em São Paulo.

Ingressou no IPT em 01 de julho de 1963, como Eng^o da Seção de Físico-Química Metalúrgica; em 01 março de 1964 foi promovido a Engenheiro Responsável pela Seção. Em fevereiro de 1971 foi designado Assessor de Diretoria da Divisão de Metalurgia e em novembro de 1978 foi designado Chefe do Laboratório de Corrosão e Eletrodeposição, cargo que ocupou até 31 de dezembro de 1983.

No período entre outubro de 1975 e fevereiro de 1977, acumulou a função de Vice-Diretor da Divisão de Metalurgia, sendo depois Diretor da Divisão de Metalurgia de 02 janeiro de 1984 a 30 junho de 1985 e, posteriormente, foi Diretor Executivo Técnico, no período de 01 agosto de 1986 a 30 abril de 1988.

Dentre os diversos trabalhos de pesquisa desenvolvidos no IPT, pode se destacar o projeto do carro a álcool, desenvolvido em conjunto com a iniciativa privada na década de 1980.

Paralelamente ao trabalho no IPT, atuou como professor na Escola de Engenharia Mauá, na

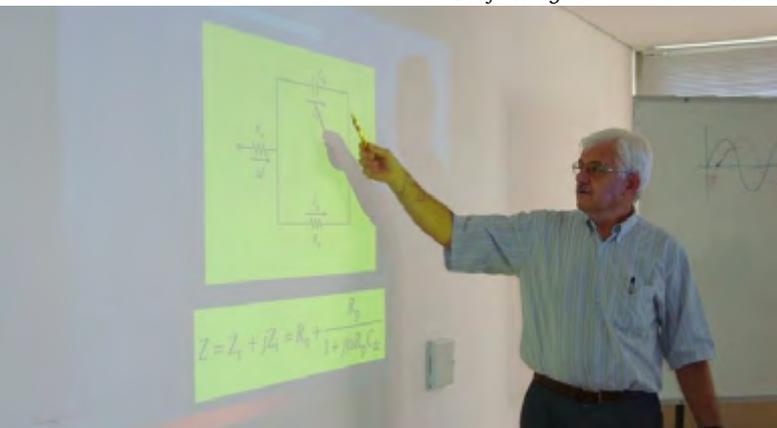
escola de Engenharia Mackenzie e na Escola Politécnica da USP, nas quais introduziu o curso de *Corrosão e Proteção Contra a Corrosão*. Na Escola Politécnica ascendeu em 1986 à posição de Professor Titular

Em 1988 se aposentou pelo IPT e passou a atuar em tempo integral na Escola Politécnica da USP. Desenvolveu pesquisas e orientou em temas ligados a corrosão e eletrodeposição de metais, lecionando cursos de graduação e pós-graduação. Além do trabalho docente e acadêmico, uma de suas grandes realizações foi a criação do curso de Engenharia de Materiais em 1955, passando o Departamento de Engenharia Metalúrgica a se chamar Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, do qual foi chefe por diversas vezes.

Destacaram-se ainda a atuação do eminente Pesquisador, junto a outras entidades como a USAID, ABMM, ABNT, ABM e a ABRACO. Em 2018, foi condecorado pela ABM com a Medalha Vicente Chiaverini, por sua contribuição para a metalurgia e ciência de materiais.

O Professor Woly nec possui mais de 270 trabalhos técnicos publicados, tanto no País como no exterior, sendo a maioria na área de corrosão dos metais. Vários dos trabalhos resultaram dos estudos de falhas em serviço, por corrosão, realizados no *Laboratório de Corrosão e Eletrodeposição* do IPT. Outros foram desenvolvidos como resultado de pesquisas realizadas por orientados de mestrado, doutorado, pós-doutorado, estágio e trabalho de formatura, além das pesquisas

Prof. Woly nec em Sala de Aula



conduzidas por ele próprio, para a obtenção do título de PhD e Livre Docente. Possui também vários livros publicados, dentre os quais:

WOLYNEC, Stephan. ed. *Container - guia do exportador*. São Paulo, Inst. Pesq. Tecnológicas, 1974. 59 p. il.

WOLYNEC, Stephan. ed. *Embalagens de transporte - guia de uso*. São Paulo, Inst. Pesq. Tecnológicas, 1975. 130 p. il.

WEXLER, Silvana B. de; FENILI, Célio & WOLYNEC, Stephan. *Manual de proteção contra corrosão durante armazenamento e transporte*. São Paulo, Inst. Pesq. Tecnológicas, 1976. 105 p. il.

WOLYNEC, Stephan. ed. *Zincagem por imersão a quente*. São Paulo, Ass. Bras. Metais, 1976. 356 p. il. Sendo colaboradores: Ettore Bresciani Filho (Capítulo 1), Jorge Finardi (Capítulo 2), Ana Maria Mendonça de Moraes Adam (Capítulo 3), José Roberto C. Poli (Capítulos 5 e 6), Manoel Francisco de Holanda e Octacílio de Oliveira Ribeiro (Capítulo 7), Georg Lazaris e Rolf Bred (Capítulo 8), Mário Lúcio Zuim de Almeida Pereira e Rafael Pinto Fiúza (Capítulo 9), Célio Tanigushi (Capítulo 10), Godofredo E. Winnischofer (Capítulo 11)]

WOLYNEC, Stephan. ed. *Corrosão de metais não ferrosos*. São Paulo, ABM, 2001.

WOLYNEC, Stephan. *Técnicas eletroquímicas em corrosão*. São Paulo, EDUSP - Editora da Universidade de São Paulo, 2003. 166 p, il.

WOLYNEC, Stephan. *Dicionário de metalurgia, materiais e mineração inglês-português*. São Paulo, ABM - Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2012. 906 p.

Além dos livros acima, escreveu uma dezena de capítulos em outros livros publicados.

O Prof. Woly nec orientou sete mestrados, doze doutorados, quatro pós-doutorados e quinze trabalhos de formatura.

Por estas realizações e toda esta capacidade de trabalho, o Professor Woly nec é um grande exemplo para todos nós.

Referência

Acervo da Biblioteca da ABRACO e IPT e informações pessoais do Prof. Woly nec.

Congresso será realizado em edição virtual

A Comissão Organizadora do ICC INTERCORR WCO continuou monitorando o controle da Covid-19, com o enorme desafio de enfrentar essa pandemia e ainda reduzir os riscos decorrentes das aglomerações. O cenário global atual nos mostrou claramente que viagens devem ser evitadas enquanto não houver vacina disponível para todos.

Dessa forma, comunicamos que o evento será realizado em edição virtual, no mesmo período,

20 a 23 de julho de 2021, visando, assim, à saúde e à segurança dos participantes.

Prosseguimos com o compromisso de realizar um congresso de excelência e fazer do ICC INTERCORR WCO 2021 o espaço ideal para novos negócios e oportunidade ímpar para toda a comunidade técnico-científica.

Caso necessite de esclarecimentos adicionais, fique à vontade para entrar em contato conosco: coordenacao.eventos@abraco.org.br

Participe do ICC INTERCORR WCO 2020 e divulgue seus produtos e/ou serviços

Para mais informações, envie um e-mail para coordenacao.eventos@abraco.org.br



REALIZAÇÃO



APOIO



PATROCINADOR OURO



PATROCINADOR PRATA



PATROCINADOR BRONZE



MERCHANDISING



EXPOSITORES



APOIO INSTITUCIONAL



Novas datas e novas regras de submissão de trabalhos

Novas datas

Conheça as novas datas e regras de submissão de trabalhos.

Até 28/02/2021

Submissão de novo resumo

Resumo com no mínimo uma página e no máximo duas páginas serão aceitos como documento final para apresentações orais e posters.

Até 31/03/2021

Notificação aos autores

Aceite dos novos resumos e dos resumos expandidos e trabalhos completos previamente submetidos.

Informações importantes

- Resumos estendidos e trabalhos completos previamente submetidos serão aceitos.
- Resumos com um único parágrafo de no máximo **15 linhas não serão aceitos** para apresentações orais ou pôsteres. É necessário substituí-los por um "Novo Resumo".
- Todos os trabalhos (oral ou pôster) deverão ser apresentados no evento na forma de gravações (não passíveis de serem baixados - *not downloadable*): um tutorial será preparado para apoiar os autores nas gravações.
- a data limite para o recebimento das gravações será informado pela Comissão Organizadora do evento.
- A presença on-line dos autores é obrigatória para responder as perguntas. No entanto, exceções serão aceitas e, neste caso, a gravação será apresentada sem discussão.
- Ao submeter o seu artigo, você deve estar ciente e concordar que a apresentação será on-line.
- Para enviar seu novo resumo, acesse o site do evento: <https://abraco.org.br/icc-congress2021/>



A LEMASA É A MAIOR FABRICANTE DE EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS PARA HIDROJATEAMENTO ATÉ 40.000PSI

É a mais moderna fábrica de bomba de pistão para alta e ultra alta pressão da América Latina.

- Fabricação 100% nacional.
- Bicos rotativos de alto rendimento, acessórios e mangueiras para alta e ultra alta pressão.
- Estoque de peças para fornecimento no menor prazo.
- Corpo Técnico habilitado, contribuindo com todos os cuidados para uma operação sempre segura.

LEMASA

/lemasabrazil
f in @ v



lemasa@lemasa.com.br | www.lemasa.com.br

Matriz: Indaiatuba/SP +55 (19) 3936-8555
Filiais: Macaé/RJ +55 (22) 2773-3493
São José do Rio Preto/SP +55 (17) 3513-5851
Três Lagoas/MS +55 (67) 3522-7325

Como avaliar a eficácia e o consumo dos inibidores de Corrosão ?



O sistema de monitoração de corrosão de alta sensibilidade da Cosasco permite obter informações da taxa de corrosão com muita rapidez.

Isto possibilita avaliar em tempo real a eficácia dos inibidores e associar com outras variáveis do processo, resultando em economia na operação.

Para mais informações, entre em contato conosco.
vendas@aselco.com.br | Fone: 11 3017.3131 | www.aselco.com.br



Menor número de demãos. Mesma proteção.

O primeiro sistema de manutenção para rolo e trincha aprovado pela Norsok.



Para maiores informações acesse: www.JOTUN.com



Sanando vazamento de óleo e SF6 em transformadores de forma rápida e eficaz

Transformadores, que são equipamentos propensos a vazamentos, são um excelente exemplo de situações onde utilizar as técnicas e materiais adequados podem reduzir custos de manutenção além de mitigar riscos ao meio ambiente em decorrência de vazamento de fluidos. Ocasionalmente os vazamentos podem ser apenas gotejamentos.

No entanto, com o tempo, o vazamento pode acabar ocasionando curto circuito nos transformadores além de despejar grandes quantidades de óleo no meio ambiente, causando preocupações de saúde e segurança.

Uma das regiões mais comuns de vazamento em transformadores são as aletas.

As aletas são feitas de metal fino para ajudar na transferência de calor. A desvantagem dessa baixa espessura é que a corrosão interna, devido à entrada de água, ou corrosão ambiental externa podem ocasionar furos e acabar por derramar rapidamente o óleo (Figura 1).



Figura 1

Tradicionalmente a única solução para reparar este tipo de desgaste no local, sem comprometer severamente a capacidade das aletas de transferir calor e resfriar o transformador, é soldar o vazamento. Isso requer que o transformador seja desligado do circuito e drenado antes que possa ser soldado, gerando inconveniências ao cliente além de ser custoso.

Evitar vazamentos é tão importante quanto selá-los, já que a área mais provável de ser danificada está situada na parte inferior do transformador. Soldar a frio placas metálicas finas às áreas afetadas é um método altamente eficaz para reparar e proteger as aletas sem ter uma perda significativa em sua capacidade de transferir calor. Se o agente de ligação tiver boa

adesão ao substrato, evitará a propagação da corrosão selando qualquer potencial vazamento nas aletas. No entanto, como as aletas estão muito próximas, é quase impossível limpar e preparar a superfície adequadamente. Em decorrência disto a maioria dos agentes de ligação são incapazes obter boa performance.

Em um caso, Belzona 1161 (Super UW-Metal) foi usado para unir placas pré-moldadas tão finas quanto 1 mm (0,04 polegadas) para reparar áreas de aletas corroídas. Este é um reparo simples e facilmente realizado por qualquer um no local.

Outra região onde pode ocorrer vazamentos é na junta ao redor de isoladores ou entre faces de flange. Com o tempo estas juntas se tornarão porosas e lentamente vazarão.

Para situações como estas temos outro exemplo onde a junta entre a tampa e o corpo do transformador de 11 kV estava vazando há algum tempo (Figura 2). Para esta aplicação a superfície foi preparada usando MBX Bristle Blaster para limpar e traçar o perfil de rugosidade da superfície. Belzona 1161 foi aplicado na área preparada (Figura 3) usando a tela de reforço Belzona 9341 para adicionar resistência mecânica extra. Este reparo foi realizado rapidamente e sem qualquer outro equipamento especial. Em aplicações semelhantes, onde o vazamento é mais extremo, os parafusos também foram selados.

Em situação de furos maiores onde o óleo está vazando livremente, geralmente é possível e necessário conter temporariamente o vazamento usando um produto de vedação de

vazamento vivo, como Belzona 1291. Belzona 1291 é um selante de vazamento de emergência projetado para fazer um reparo rápido e temporário, fornecendo um batoque moldável que cura rapidamente para se tornar um plugue rígido. Uma vez que a maior parte do vazamento é temporariamente selada, um reparo permanente é feito.

É tudo sobre adesão

Todos esses casos dependem da correta seleção do material adesivo. Óleo é um material de propriedades antiaderentes, o que impede que a grande maioria das colas no mercado alcance uma adesão eficaz e de longo prazo no aço. O desenvolvimento de polímeros tolerantes a óleo e umidade mudaram nossas opções.

Belzona 1161 é um produto capaz de penetrar através do óleo e da água e aderir até mesmo em um substrato preparado com ferramenta manual mecânica, facilitando reparos como estes.

A preparação da superfície pode ser alcançada de várias maneiras usando ferramentas manuais como, por exemplo, o esmeril. No entanto, os melhores resultados foram encontrados usando a ferramenta MBX Bristle Blaster, que irá preparar rápida e efetivamente a superfície do metal produzindo um excelente e perfil de rugosidade para o produto aderir.

Todos os reparos discutidos foram realizados sem drenar o óleo do equipamento e utilizando produtos de cura a frio, 100% sólidos que não necessitam de calor e não encolhem. Ao



Figura 2



Figura 3

contrário da soldagem, esses produtos não distorcerão os substratos e se ligarão a todos os materiais rígidos encontrados neste equipamento. Quando curado, o polímero torna-se um plástico inerte, auxiliando o descarte e reciclagem da unidade no final de sua vida útil.

Produto também sela vazamentos de gás

Vazamentos de enxofre hexafluoreto (SF₆) também são um risco ambiental e representam uma outra situação onde esse tipo de produto pode fornecer uma solução eficaz. O SF₆ é usado como um meio dielétrico gasoso para equipamentos elétricos de alta tensão e podem ser de difícil detecção. Uma vez detectados é fundamental que exista a possibilidade de sanar

os vazamentos de forma rápida, no local e sem a necessidade de esperar uma equipe especialista.

A mesma tecnologia utilizada para selar vazamento de óleo pode ser utilizada para sanar vazamentos de SF₆ visto que vai aderir muito bem ao aço e à isoladores de porcelanato.

Reparos como estes podem ser realizados em tempos tão curtos como uma hora e sem a necessidade de ferramentas ou equipamentos especiais. Além disso podem durar por anos mesmo submetidos às condições ambientais adversas.

Desde que este sistema foi lançado no Reino Unido diversos operadores de equipamentos de transferência de energia adotaram seu uso e agora este sistema também está sendo adotado por companhias de distribuição de energia nacional em outros países da Europa.



Conheça o Belzona 5871:

Revestimento de Barreira Térmica que protege contra Corrosão

- ✓ **Previne CSI:** Eficaz para proteção de equipamentos sujeitos a corrosão, evitando a corrosão sob isolamento.
- ✓ **Frio ao toque:** Garante segurança contra lesão de contato, tanto em condições quentes quanto abaixo de zero.
- ✓ **Aumenta a eficiência do equipamento:** Reduz a transferência de calor através da superfície, aumentando sua eficiência;
- ✓ **Epóxi Expansível:** Expande-se até três vezes a espessura original, reduzindo a necessidade de muitas camadas;
- ✓ **Atende a variadas geometrias:** Aplicável por spray ou pincel, tornando rápida a aplicação até mesmo em grandes áreas ou geometrias complexas



<< Leia o QR-CODE e acesse o vídeo explicativo
comercial@hita.com.br | www.hita.com.br



/hitabelzona

HITA
COMERCIO E SERVIÇOS

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO
BELZONA
Reparar • Proteger • Melhorar

OCORRÊNCIA DE TRINCAS ASSOCIADAS À CORROSÃO EM DUTOS ENTERRADOS

Aldo Cordeiro Dutra

Consultor Técnico da ABRACO - Associação Brasileira de Corrosão

Laerce de Paula Nunes

Consultor Técnico da IEC – Instalações e Engenharia de Corrosão Ltd

Resumo

Os dutos enterrados são um meio de transporte muito importante na vida moderna, para petróleo, derivados de petróleo, álcool, gás natural, minérios, água e outros insumos para o atendimento às necessidades humanas de energia.

Como se sabe, os solos são muito heterogêneos e podem assumir características ácidas ou básicas, a depender dos compostos neles presentes.

Por outro lado, a busca de materiais mais resistentes mecanicamente e pressões de bombeamento cada vez maiores, podem suscitar tensões que, acrescidas a eventuais tensões residuais, venham a gerar trincas por corrosão extremamente perniciosas aos dutos.

Estas trincas podem ser por corrosão sob tensão, corrosão sob fadiga ou trincas induzidas pelo hidrogênio.

Neste trabalho são analisados os diversos aspectos da ocorrência de trincas em dutos, a prevenção e a mitigação destes problemas.

Abstract

Buried pipelines are a very important means of transportation in modern life, for oil, petroleum products, alcohol, natural gas, minerals, water and other inputs to meet human energy needs.

As is known, soils are very heterogeneous and can assume acidic or basic characteristics depending on the compounds present in them.

On the other hand, the search for more mechanically resistant materials and increasing pumping pressures can raise tensions that, in addition to any residual stresses, may generate extremely harmful corrosion cracks in the pipeline.

These cracks can be due to stress corrosion, fatigue corrosion or hydrogen induced cracks.

In this paper, the various aspects of the occurrence of cracks in pipeline are analyzed, as well as the prevention and mitigation of these problems.

1. Introdução

Os dutos enterrados são um meio de transporte muito importante na vida moderna, para petróleo, derivados de petróleo, álcool, gás natural, minérios, água e outros insumos para o atendimento às necessidades humanas de energia.

Como se sabe os solos são muito heterogêneos e podem assumir características ácidas ou básicas, a depender dos compostos neles presentes.

Por outro lado, a busca de materiais mais resistentes mecanicamente e pressões de bombeamento cada vez maiores, podem suscitar tensões que, acrescidas à eventuais tensões residuais, venham a gerar trincas por corrosão extremamente perniciosas aos dutos.

Estas trincas podem ser por corrosão sob tensão, corrosão sob fadiga ou trincas induzidas pelo hidrogênio.

2. Meios corrosivos externos em dutos enterrados – Tipos de solos

Os solos são constituídos de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e é resultante da ação do clima e da biosfera sobre as rochas, ao longo de centenas, milhares ou mesmo de milhões de anos, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo e pelo intemperismo da região.

Os solos são constituídos de sólidos, líquidos e gases, sendo uma mistura de cascalhos, areia, argila e outros componentes oriundos da decomposição de rochas primárias. O gás em maior abundância é o CO₂, que é dissolvido em água, formando ácido carbônico.

A cor do solo é capaz de fornecer indicações com relação ao grau de aeração bem como a presença e incorporação de matéria orgânica proveniente da decomposição de vegetais. A textura do solo está relacionada com as quantidades relativas de argila, areia, matéria orgânica e outros componentes,

A formação do solo depende do clima, das rochas que lhe deu origem, da atividade biológica,

da topografia e do tempo. No que se refere ao clima a quantidade de precipitação é o fator mais importante: áreas com alto índice pluviométrico apresentam solos com tendência ácida. Materiais orgânicos no solo são degradados por microrganismos, produzindo ácidos orgânicos.

Com base nessa composição, os solos podem ser ácidos, básicos ou neutros. A ação humana pode modificar enormemente a composição dos solos. Exemplos dos mais significativos são os aterros com a substituição do solo original e as atividades agrícolas, onde a adição de fertilizantes altera substancialmente as suas características.

3. Corrosão de dutos pelo solo

Designa-se genericamente de corrosão pelo solo os processos corrosivos observados em estruturas enterradas, onde se destacam os dutos.

Os fatores que têm influência na corrosividade dos solos devem ser considerados em conjunto, na classificação da corrosividade. Eventuais fatores externos como as correntes de interferência e a existência de aterramentos elétricos podem agravar enormemente os problemas de corrosão.

Os fatores que determinam a corrosividade de um solo são:

Resistividade elétrica

Quanto à resistividade, os solos podem ser considerados muito corrosivos, para valores até 3.000 ohm.cm, corrosivos para valores de 3000 ohm.cm a 30.000 ohm.cm e moderadamente corrosivos para valores acima de 30.000 ohm.cm. É importante observar, também, a variação da resistividade, que pode ensejar o aparecimento de pilhas de concentração diferencial, mais comumente denominada de pilhas de resistividade diferencial.

pH do solo

Quanto ao pH, os solos são considerados muito corrosivos para pH abaixo de quatro, corrosivos para pH de quatro a sete e pouco corrosivos acima de sete.

Acima de pH sete os solos podem ser considerados corrosivos para os metais anfóteros (Al, Zn, Pb, Sn e Sb).

Grau de aeração do solo

Quanto ao grau de aeração, os solos podem ser considerados muito corrosivos para aqueles bastante permeáveis, corrosivos para os de média permeabilidade e pouco corrosivos para os compactados.

Presença de bactérias

As bactérias presentes no solo podem ser aeróbias, geradoras de ácidos por fermentação de matérias orgânicas ou anaeróbias, que promovem despolarização catódica, como as redutoras de sulfato. Quanto à presença de bactérias, os solos podem ser considerados muito corrosivos para aqueles com forte ação de bactérias, corrosivos para os com média ação e pouco corrosivos para aqueles com fraca ação. Com o objetivo de avaliar a corrosividade devido à presença de bactérias, usa-se normalmente o potencial redox.

Contaminação com produtos químicos

Os produtos químicos, se presentes no solo, têm sua ação diretamente ligada a alteração da resistividade elétrica e ao processo de hidrólise com geração de ácido. Quanto à presença de produtos químicos, os solos podem ser considerados muito corrosivos quando da hidrólise resultar um ácido forte, corrosivos quando da hidrólise resultar um ácido moderado e pouco corrosivo quando da hidrólise resultar um ácido fraco. Neste contexto os solos agrícolas, em geral, são mais corrosivos, devido aos fertilizantes utilizados.

O valor do potencial tubo/solo, medido quando se considera uma tubulação existente, ou caso exista no local estruturas que propiciem a medição, é um excelente indicativo da atividade eletroquímica do solo. Através do potencial pode-se avaliar, dentre outras coisas, a presença de macropilhas de corrosão e também de correntes de interferência.

4. Corrosão eletrolítica

Designa-se corrosão eletrolítica os processos corrosivos de natureza eletroquímica ocasionados em estruturas enterradas devido a um fluxo de corrente contínua no eletrólito, ou seja, no

solo, que se comporta como um eletrólito. Os dutos são o tipo de instalação mais sujeita a este tipo corrosão.

As causas do fluxo de corrente contínua em um solo são diversas, sendo as mais comuns: corrente gerada por máquinas de solda, por sistemas eletrificados em corrente contínua (trens, bondes, metrô, VLT's e outros), por linhas de alta tensão em corrente contínua, por sistemas de proteção catódica por corrente impressa e por precipitadores eletrostáticos. As correntes dispersas no solo recebem diversos nomes tais como: correntes estranhas, correntes de fuga, correntes de interferência, correntes vagabundas, correntes espúrias, etc. As denominações mais comuns em trabalho de origem brasileira são: correntes de interferência e correntes de fuga.

O processo corrosivo verifica-se da seguinte forma: a corrente contínua que flui no solo, encontrando uma estrutura metálica (muito mais condutora), entra nessa estrutura em um ponto e descarrega-a em outro, para retornar à sua fonte geradora da corrente. Na região de entrada gera-se uma área catódica e na região de saída, uma área anódica onde se processa o desgaste do material da estrutura.

Há registros na literatura de que correntes alternadas, em elevada densidade (superior a 100 mA/m²) e harmônicas de baixa frequência, também podem causar corrosão eletrolítica em dutos enterrados.

5. Causas de tensões mecânicas em dutos

As tensões normais em dutos são as tensões circunferenciais provocadas pela pressão interna e as tensões longitudinais oriundas de esforços do solo e das tensões térmicas.

Acresce a estas tensões normais de trabalho as chamadas tensões residuais introduzidas por soldagem e deformação plástica dos tubos, especialmente em curvas, tanto verticais como horizontais e intermediárias, requeridas para o ajuste do projeto às condições do terreno onde se acham enterrados.

6. Fissuração por corrosão em dutos

Os mecanismos de corrosão que produzem trincas, normalmente estão associados a esforços mecânicos, sejam eles aplicados diretamente ao material devido às tensões de trabalho, sejam elas decorrentes do processo de fabricação, como tensões residuais, ou ainda, esforços provenientes de concentração das mesmas, ocasionada pelo próprio processo corrosivo.

Os tipos de trincas resultantes podem ser de forma intergranular ou transgranular, e podem ou não estar associadas a inclusões ou segundas fases presentes no material.

A propagação das trincas associadas aos processos de corrosão é geralmente lenta, até que seja atingido o tamanho crítico para a ocorrência da fratura frágil. Nesta situação, em função dos esforços atuantes, pequenas trincas podem nuclear fraturas de grandes proporções, deflagradas de modo praticamente instantâneo.

A análise da significância de defeitos (trincas) que possam ensejar rompimento frágil é atualmente uma importante especialidade realizada pela mecânica da fratura.

Os fatores que mais influenciam na fissuração são:

- As tensões de trabalho e as tensões residuais.
- A agressividade (corrosividade) do solo.
- O tipo de revestimento do duto.
- O nível de proteção catódica, quando existente.

6.1 Corrosão sob tensão

A corrosão sob tensão acontece quando um material, submetido a tensões de tração (aplicadas ou residuais), é colocado em contato com um meio corrosivo específico. As condições metalúrgicas do material, como dureza, encruamento e fases presentes, são fatores frequentemente decisivos. A tensão de tração deve necessariamente ser superior a certo valor limite para um determinado meio.

Neste tipo de corrosão formam-se trincas no material em um ponto de concentração de tensão, podendo ser, inclusive microscópicas ou até mesmo submicroscópicas, sendo que estas trincas coalescem e progridem perpendicularmente à direção das tensões, até atingir o tamanho crítico para o material, quando então ocorre o rompimento frágil, sendo a perda de espessura do material, muitas vezes desprezível. O caso mais frequente de formação de concentração de tensões em dutos é a formação de pites por corrosão sob revestimentos, nos revestimentos pouco aderentes, mesmo que os sistemas de proteção catódica esteja adequado.

As trincas decorrentes da corrosão sob tensão podem ser intergranulares ou transgranulares. A corrosão sob tensão intergranular ocorre quando a direção preferencial para a corrosão é o contorno de grão, geralmente devido à precipitação de segundas fases nos contornos ou à existência de segregações neste local.

A propagação da trinca por corrosão sob tensão é geralmente lenta, até atingir o tamanho crítico para uma ruptura brusca.

Não existe um mecanismo geral para explicar o fenômeno da corrosão sob tensão. Cada par material/meio específico apresenta suas particularidades. De modo geral, as combinações material/meio resultam na formação de filme ou película na superfície do material, que lhe confere resistência à corrosão uniforme.

No caso específico de dutos, as condições ácidas ou alcalinas determinadas pelo solo são em consonância com as tensões são determinantes para ocorrência de corrosão sob tensão, em geral estas trincas iniciam em um ponto de concentração de tensões, sendo uma causa muito comum a formação de pites em locais em que o revestimento apresente-se sem aderência, ocorrendo então um processo corrosivo sob o revestimento.

Os mecanismos propostos para explicar os diversos casos podem ser grupados em anódicos e catódicos, conforme a principal causa da propagação seja a dissolução do material na ponta da trinca ou a fratura associada à presença de hidrogênio

atômico na estrutura cristalina (fragilização pelo hidrogênio). Vários modelos de propagação de trincas por corrosão sob tensão têm sido considerados pelos estudiosos do assunto.

Nos diversos casos de corrosão sob tensão podem ocorrer simultaneamente dois ou mais modelos. Algumas destes modelos, que podem ser aplicados a dutos enterrados são:

Modelo da dissolução anódica da ponta da trinca

No modelo da dissolução a propagação deve-se à deformação plástica na ponta da trinca pela chegada de discordâncias à superfície. O filme passivo é rompido, facilitando a corrosão do material exposto diretamente à ação do meio corrosivo. O mecanismo de ruptura do filme passivo é atribuído principalmente à corrosão sob tensão intergranular. Alguns exemplos de atuação deste mecanismo são os casos de corrosão sob tensão do aço carbono na presença de nitratos.

Modelo da Adsorção

A adsorção de espécies química presentes no meio, na superfície do material da ponta da trinca, promove uma diminuição da resistência da ligação interatômica, facilitando a propagação da fratura por corrosão sob tensão.

Modelo da fragilização pelo hidrogênio

Este modelo acontece quando existem átomos de hidrogênio em solução sólida na estrutura cristalina do material. A origem destes átomos de hidrogênio não é importante para o funcionamento do modelo em si. Uma destas fontes é a reação catódica de redução dos íons, que ocorre em meios desaerados.

Os átomos de hidrogênio difundem-se para locais de maior concentração de tensões, como a ponta da trinca, interagindo com o material.

Dentre as teorias existentes para explicar a fragilização pelo hidrogênio destacam-se: a teoria da decoesão da ligação atômica, onde os átomos de hidrogênio interagem com os elétrons responsáveis pela ligação metálica, reduzindo sua resistência e promovendo a fratura frágil por clivagem, e a teoria da plasticidade concentrada, onde a criação e movimentação de discordâncias são facilitadas pela presença dos

átomos de hidrogênio, levando a um amolecimento do material da ponta da trinca e sua propagação por coalescimento de microcavidades.

A fragilização pelo hidrogênio ocorre, por exemplo, em aços na presença de H_2S e em aços de alta resistência na presença de cloretos.

A presença de hidrogênio então pode causar fragilização por hidrogênio e neste caso deve-se ter uma especial atenção com os aspectos de superproteção catódica. O hidrogênio no estado nascente (atômico) tem grande capacidade de difusão em materiais metálicos.

Dessa forma, se o hidrogênio for gerado na superfície de um material, ele migra para o interior e acumula-se em falhas existentes. O hidrogênio acumulado passa da forma nascente à forma molecular e provoca o aparecimento de altas pressões no interior da falha.

As tensões oriundas da pressão do gás poderão ser suficientes para escoar o material e, nesse caso, os danos são irreversíveis, ou apenas para torná-lo mais frágil e, neste caso, com a eliminação do hidrogênio antes da solicitação, o material voltará às suas condições normais.

Quando o acúmulo de hidrogênio é em falhas próximas à superfície, a deformação pode provocar empolamentos, sendo comum denominar este processo de empolamento pelo hidrogênio.

As principais causas do aparecimento de hidrogênio no caso de dutos podem ser:

- Reações de corrosão que liberam hidrogênio como a seguinte:
 - $Fe + H_2S \rightarrow FeS + H_2$ observada em solos com H_2S e na corrosão por bactérias;
- Reações catódicas em estruturas protegidas catodicamente, com potencial inadequado, levando ao excesso de geração de hidrogênio.

6.2 Corrosão Associada com a Fadiga

A fadiga de um material é a causa da progressão de uma trinca a partir da superfície até a fratura, quando o material é submetido a solicitações mecânicas cíclicas. No caso de dutos estas tensões cíclicas podem ser ocasionadas

por flutuação de pressão, variações térmicas e vibrações mecânicas oriundas de motores e outras máquinas.

A fadiga inicia-se em uma imperfeição que é um ponto de concentração de tensões e progride perpendicularmente a tensão, da mesma forma que a corrosão sob tensão, uma causa muito comum é a formação de pites em locais em que o revestimento apresenta-se sem aderência, ocorrendo então um processo corrosivo sob o revestimento. A progressão da trinca dá-se pela deformação plástica verificada na base da trinca associada ao constante aumento de concentração de tensões. Após atingir um tamanho crítico na trinca, o material rompe bruscamente causando a falha por fadiga.

A resistência à fadiga dos materiais é determinada através das curvas de fadiga. Nestas curvas relaciona-se a tensão aplicada com o número de ciclos para ocorrência de fadiga. Para os materiais ferrosos há um limite de tensão abaixo do qual, por mais que se aumente o número de ciclos, não haverá fadiga. A este valor de tensão chama-se limite de fadiga.

Um processo corrosivo pode ser a causa do surgimento da trinca superficial por onde se inicia a fadiga. A base da trinca é uma região tensionada e encruada que age como área anódica em relação ao restante do material, logo a presença de um eletrólito no interior da trinca provoca corrosão e acelera a progressão da mesma.

Com a associação dos dois efeitos (fadiga e corrosão) as curvas de fadiga ficam profundamente modificadas e mesmo para os metais ferrosos desaparece o limite de fadiga quando se tem corrosão associada à fadiga.

6.3 Ocorrência de Trincas em Dutos – Prevenção e Mitigação

A fissuração por corrosão sob tensão em dutos torna-se mais provável nos seguintes casos:

- Nos dutos de aço de alta resistência, com limite de resistência acima de 350 MPa.
- Dutos com revestimento sem aderência, propiciando a corrosão sob revestimento, mesmo que o nível de proteção catódica esteja adequado.

- Dutos com deficiência de proteção catódica ou com superproteção.

Nestes casos a corrosão iniciará em pites sob o revestimento e progredirá até o rompimento frágil, mesmo em dutos que estejam protegidos catodicamente, pois, devido ao efeito de barreira, a corrente não atingirá o meio corrosivo que está embaixo do revestimento.

- A fissuração por corrosão associada com a fadiga torna-se mais provável nos seguintes casos:
- Nos dutos com grande flutuação da pressão interna.
- Dutos sujeitos à fadiga térmica, devido à oscilação de temperatura do produto transportado.
- Dutos em que, além dos fatores anteriores, tenham revestimento sem aderência, propiciando a corrosão sob revestimento, mesmo que o nível de proteção catódica esteja adequado, ou ainda dutos com deficiência de proteção ou com superproteção.

A prevenção da fissuração por corrosão sob tensão por corrosão sob fadiga é mais fácil na etapa de projeto, principalmente no que concerne à especificação do revestimento e esmero no projeto de proteção catódica. Para corrigir uma situação já existente, o número de opções possíveis é menor e recai, em geral, na reabilitação do revestimento e melhoria do sistema de proteção catódica.

7. Conclusão

Os dutos enterrados são um meio de transporte muito importante na era moderna e para assegurar a integridade dos mesmos, no que se refere à ocorrência de trincas por corrosão, é essencial a manutenção de um revestimento eficiente e aderente e também um sistema de proteção catódica capaz de garantir a proteção adequada.

Referências Bibliográficas

- Nunes, Laerce P. – Fundamentos de Resistência à Corrosão – Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2007.
- Gentil, Vicente – Corrosão, 6ªed. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora, 2011.
- Cheng, Y.Frank – Stress Corrosion Cracking of Pipelines – John Wiley & Sons – New Jersey, 2013.

A IMPORTÂNCIA DO TESTE DE ADERÊNCIA DAS PELÍCULAS DE TINTA PELO MÉTODO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Leonardo Alves Nascimento

Inspetor de Pintura anticorrosiva ABRACO – LN Consultoria Ltda.

A pintura anticorrosiva é um dos métodos de combate e controle da corrosão mais difundido em todo o mundo.

Para que a pintura cumpra efetivamente o seu papel é fundamental que ela seja o mais impermeável possível e seja aderente ao substrato.

Não obstante a importância dos diversos ensaios da tinta e também durante a aplicação, ressalta-se como particularmente importante o ensaio de resistência à tração, por ser este ensaio indicativo das duas características fundamentais de película, quais sejam: adesão e coesão.

Neste trabalho analisa-se os diversos aspectos da utilização deste ensaio segundo a norma NBR 15877, bem como as vantagens e limitações do procedimento.

Industrial and Maintenance paint is one of the most widespread methods of combating and controlling corrosion worldwide.

For the painting to effectively fulfill its role, it is essential that it be as impermeable as possible and adhere to the substrate.

Notwithstanding the importance of the various paint tests and also during application, the tensile strength test is particularly important, as this test is indicative of the two fundamental characteristics of film, namely: adhesion and cohesion.

This paper analyzes the different aspects of the use of this test according to the NBR 15877 standard, as well as the advantages and limitations of the procedure.

1. Introdução

A pintura anticorrosiva é um dos métodos de combate e controle da corrosão mais difundido em todo o mundo, estima-se que um terço do que se investe em proteção anticorrosiva esteja associado à este método de proteção.

Para que a pintura cumpra efetivamente o seu papel é fundamental que ela seja o mais impermeável possível e seja aderente ao substrato, destacando-se aí, as duas características fundamentais de película, quais sejam: adesão e coesão.

Os ensaios realizados nas tintas durante o controle da qualidade de fabricação e também durante o processo de aplicação são de grande

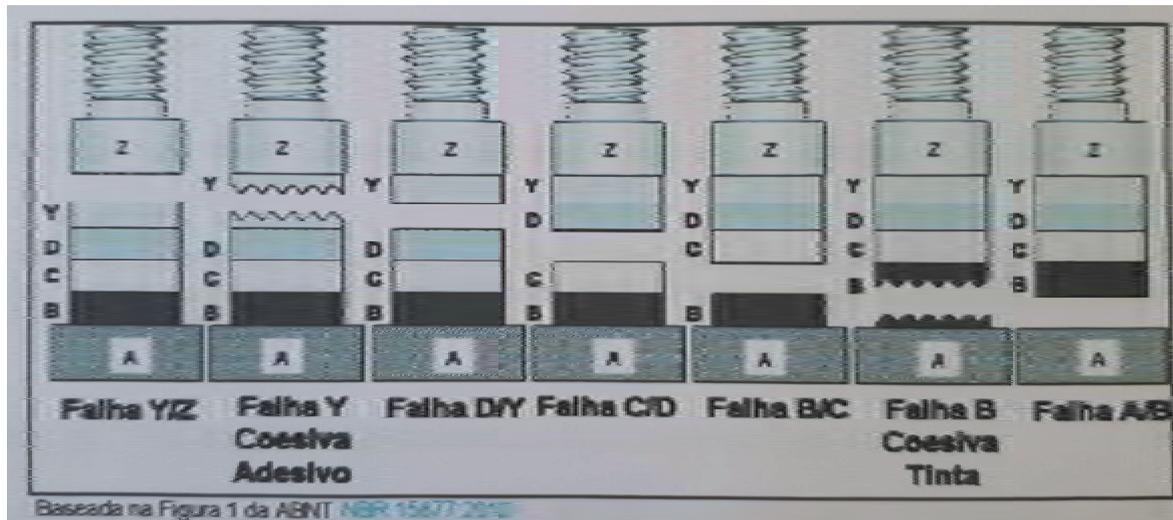
importância na garantia de tais características, no entanto pela praticidade, o ensaio de resistência à tração é uma excelente ferramenta objetiva, para esta finalidade.

2. Características fundamentais e conceituação de falhas adesiva e coesiva

As películas de revestimento por tintas apresentam duas características fundamentais: coesão e aderência ao substrato.

A coesão é referente à aglomeração dos constituintes da tinta, o que se deve à resina, de modo

Fig. 01 - Desenho esquemático para interpretação de resultados de falhas coesivas e adesivas



a formar uma película contínua, isenta o mais possível de poros, vazios, crateras ou trincas. As falhas de coesão são denominadas de falhas coesivas.

A aderência ou adesão refere-se à capacidade da película de aderir ao substrato, especialmente através da ancoragem nas irregularidades formadas pelo perfil de ancoragem e em parte pelas forças de natureza molecular, contaminações com materiais gordurosos e deficiência de rugosidade são os fatores que mais afetam a aderência. As falhas de aderência são denominadas de falhas adesivas e podem ser do conjunto para o substrato ou entre demãos.

Norma NBR 15877 que regula este ensaio classifica as falhas como mostra a figura 01.

3. Realização do ensaio

O ensaio de acordo com a NBR 15877 apresenta algumas etapas bem definidas:

- Após a cura total da película (tempo de secagem para repintura) deve-se selecionar a área de ensaio, normalmente uma região que comporte a fixação de três pinos, como mostra a figura 02.

Caso a superfície seja irregular ou se queira evitar danos ao revestimento o ensaio pode ser realizado em corpos de prova com procedimento de pintura semelhante



Fig. 02 - Área de ensaio com pinos colados com adesivo



Fig. 03 - Assentamento da base do equipamento

ao do equipamento desde que autorizado pelo usuário.

- Assentamento da base do equipamento, de forma que fique bem apoiado na superfície de ensaio e não interfira nos demais pinos, como mostra a figura 03.
- Selecionar o equipamento e executar o esforço de arrancamento, conforme figura 04, sendo que para trabalho de campo, pela praticidade, utiliza-se principalmente dispositivos de acionamento manual, conforme item A.1 do ANEXO A da norma NBR 15877.

4. Resultados

O ensaio pode ser realizado com dois objetivos, no primeiro caso não leva ao rompimento, desejando-se apenas avaliar se a película atende no mínimo ao esforço especificado. por exemplo um mínimo de 10 MPa. No segundo caso para avaliar o esforço de rompimento.

5. Análise dos resultados

O inspetor deve analisar o aspecto da película, se houver falha deverá descrevê-la de acordo com o item 6 (seis) da norma, caracterizando as falhas coesivas e as adesivas, incluindo o desempenho do adesivo.

A grande vantagem deste ensaio é se poder avaliar de uma só vez as duas características fundamentais de película: coesão e adesão.

A principal desvantagem é ser destrutivo, necessitando retoques no local do ensaio, há ainda uma limitação quanto ao tipo de estrutura,

que pode dificultar o assentamento da base do dispositivo.

6. Conclusões

O ensaio de resistência à tração é um excelente recurso para avaliar películas de tinta pelas seguintes razões:

- Conseguir-se de forma mais precisa avaliar a aderência de camadas de tinta, verificando-se a aderência entre demãos e destas para o substrato;
- É possível avaliar simultaneamente as duas características fundamentais de película (adesão e coesão).
- É um ensaio simples que pode ser realizado em campo e também em laboratório, na grande maioria das superfícies.

Referências bibliográficas

ABNT NBR 15877 - Pintura Industrial - Ensaio de Aderência por Tração.

ABNT NBR 7348 - Pintura Industrial - Preparação de superfície de aço com jateamento abrasivo e hidrojateamento.

Norma ISO 8.501-1 - Padrões visuais de Jateamento

ABNT NBR 15488 - Pintura Industrial - Superfície metálica para aplicação de Tintas - Determinação do perfil de rugosidade.

ABNT NBR 10 443 - Determinação de espessura de películas de tinta.

Nunes, Laerce P. e Lobo, Alfredo O. - Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva Interciência, Rio de Janeiro, 5ª Edição.

Gentil, Vicente - Corrosão, 6ªed. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora, 2011.

Panossian, Zehbour. Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas. 1ª Ed. São Paulo: Institutos de Pesquisas Tecnológicas, 1993. 2 v.



Fig. 04 - Dispositivo de ensaio de acionamento manual

Avaliação de custo e benefício de esquemas de pintura de base aquosa, contendo tintas de fundo pigmentadas com zinco, em comparação a esquemas tradicionais

Alberto Pires Ordine^a, Cristina da Costa Amorim^b, Filipe Batista Fonte^c,
Marcos Martins de Sá^d, Wendell Porto de Oliveira^e

^a D. Sc., Engenheiro Químico - Centro de Pesquisa de Energia Elétrica

^b M. Sc, Química Industrial - Centro de Pesquisa de Energia Elétrica

^c Graduando, Engenheiro Químico - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

^d Técnico em Química - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

^e D. Sc., Engenheiro Mecânico - Furnas Centrais Elétricas

Waterborne paints are promising options to solvent-borne ones. In the electric sector of Brazil, its structures demand maintenance services often, which can be carried out by the use of paint systems technologies. The more productive are the maintenance services, the lower is the cost for the enterprises. Considering this context, it was accomplished an experimental research, investigating the anticorrosive performance, the productivity and the cost of waterborne paint technologies, in comparison to traditional solvent-borne paint systems. By the estimation of human resource costs, added to the price and to the yield of paints, a methodology was developed to calculate the paint systems costs. It was observed that the zinc metallic content in the dry film of the primer should be enhanced in order to improve the galvanic protection behavior of the waterborne paint systems. Depending on the aggressiveness, the intermediate paint layer was very important to guarantee a good barrier property for the paint system. One of the waterborne systems showed an equivalent performance compared to the solvent-borne technology and its cost was just 9% higher, a promising result to be used in aggressive environments.

Keywords: waterborne, cost, anticorrosive performance, paint system, zinc-rich paint.

As tintas de base aquosa são promissoras na substituição daquelas à base de solventes. No setor elétrico, suas estruturas vêm exigindo manutenção e são recuperadas empregando-se esquemas de pintura de diferentes tecnologias. Quanto mais produtivos forem os procedimentos de manutenção, menor o custo para as empresas. Neste contexto, foi realizada uma pesquisa experimental, investigando-se o desempenho anticorrosivo, a produtividade e o custo de tecnologias de tintas de base aquosa, em comparação às tradicionais à base de solventes. Pela estimativa de custo de mão de obra, associado ao preço e rendimento das tintas, desenvolveu-se uma metodologia para se determinar o custo dos esquemas de pintura. Observou-se que aumentar o teor de zinco metálico na película seria necessário para aprimorar a propriedade de proteção galvânica da tinta de fundo, nas tecnologias de base aquosa. Em função da agressividade do meio, a tinta intermediária foi importante para aumentar a propriedade de barreira do esquema. Um dos esquemas de pintura de base aquosa apresentou desempenho equivalente àquele da tecnologia tradicional, e custo 9% superior, indicando ser uma alternativa com potencial de aplicação em ambientes agressivos.

Palavras-chave: base aquosa, custo, desempenho anticorrosivo, esquema de pintura, tinta rica em zinco.

Introdução

Entre as novas tecnologias desenvolvidas no mercado de tintas industriais, vêm ganhando espaço significativo as tintas de base aquosa, cuja principal vantagem é o teor mínimo ou a ausência de solventes orgânicos em suas composições, sendo ecologicamente mais adequadas. Também por usarem a água como diluente, não agredem o meio ambiente, nem a saúde dos trabalhadores.

Seu custo ainda pode ser um pouco mais elevado que suas correspondentes tintas líquidas à base de solventes, porém com a

disseminação de utilização de novos produtos de base aquosa, a tendência, ao longo do tempo, é a redução de custo, tornando os produtos competitivos no mercado.

Outra variável de redução de custo na proteção anticorrosiva está relacionada ao desenvolvimento destes produtos, com funções particulares, que permitem reduzir etapas de pintura. Dessa forma, ao final da aplicação de um esquema de pintura, aquele com menos etapas tem menor custo.

Assim, este artigo apresenta resultados experimentais de desempenho anticorrosivo de

tintas de base aquosa e tintas à base de solventes tradicionais, sendo que uma das tintas de base aquosa é uma tecnologia em que se pode reduzir o número de etapas de aplicação, baixando o custo da pintura, em comparação com esquemas tradicionais à base de solventes. O objetivo do trabalho foi avaliar o custo relativo das variáveis de aplicação dos esquemas de pintura e o desempenho anticorrosivo dos diferentes esquemas em ensaio acelerado de corrosão. Ao final de dois anos do estudo, validando os resultados com exposição ao intemperismo natural, foi possível realizar uma análise da relação entre o custo e o benefício das tecnologias investigadas.

Metodologia

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Corrosão do Cepel, investigando-se diferentes tecnologias de pintura anticorrosiva, que tem aplicação para o setor elétrico brasileiro, sobretudo na proteção de estruturas sujeitas à exposição atmosférica de elevada agressividade, como, por exemplo, ambientes marinhos e industriais.

Para estes tipos de ambiente, justifica-se a utilização de esquemas de pintura contendo tintas de fundo pigmentadas com zinco metálico. É conhecido que, no caso de um dano na pintura, a proteção anticorrosiva fornecida pelas tintas ricas em zinco é bem superior do que a das tintas que não possuem o pigmento de zinco, cujo mecanismo de proteção é somente por barreira física entre a base metálica e o ambiente. No caso das tintas pigmentadas com zinco, este pigmento atua na proteção do substrato

segundo os princípios da proteção catódica, ou seja, o zinco torna-se um anodo de sacrifício, corroendo-se preferencialmente ao aço carbono, impedindo o avanço da corrosão vermelha a partir de um dano na pintura.

Neste trabalho investigou-se o desempenho anticorrosivo de diferentes tecnologias de esquemas de pintura, contendo tintas de fundo pigmentadas com zinco, em comparação a um esquema que atua exclusivamente por barreira. Dentre os esquemas estudados, estão as tecnologias de base aquosa e à base de solventes. A Tabela 1 apresenta os esquemas de pintura avaliados e as médias de espessura seca, determinada após cada demão de tinta. Na Tabela também são indicados quais os esquemas com tintas de tecnologia à base de solvente e de base aquosa.

Em todos os esquemas de pintura, o substrato foi o mesmo, aço carbono AISI 1020, com grau A de intemperismo (carepa de laminação intacta), conforme a norma ISO 8501-1 (1). Os corpos de prova foram confeccionados a partir de chapas nas dimensões de 100 mm por 150 mm e espessura de 6,4 mm. A preparação de superfície foi realizada por meio de jateamento abrasivo seco, utilizando granalha de aço angular como abrasivo. O grau de limpeza obtido foi Sa 3 (ao metal branco), conforme a norma ISO 8501-1 (1). O perfil de rugosidade médio foi igual a 30 µm, medido com um rugosímetro digital do tipo agulha, conforme a norma ASTM D 4417 (2), método B.

O esquema Asa.Barr é do tipo barreira e utilizado no setor elétrico para casos de pintura nova ou repintura total, e por isso, foi incluído

Tabela 1 - Esquemas de pintura investigados

Esquema	Tinta de fundo	Tinta Intermediária	Tinta de Acabamento
Asa.Barr (base solvente)	Epóxi-Fosfato de Zinco de Alta Espessura (135 mm)	-	Poliuretano Acrílico (105 mm)
Asa.ZnS (base solvente)	Epóxi-Zinco Poliamida (80 mm)	Epóxi Poliamida de Alta Espessura (180 mm)	Poliuretano Acrílico (70 mm)
Asa.Zna1 (base aquosa)	Epóxi-Zinco/Óxido de Ferro Micáceo (80 mm)	-	Poliuretano Acrílico de Base Aquosa (80 mm)
Asa.Zna2 (base aquosa)	Epóxi-Zinco (80 mm)	Epóxi Óxido de Ferro Micáceo de Base Aquosa (120 mm)	Poliuretano Acrílico de Base Aquosa (60 mm)

no estudo, como uma referência de comparação. Outra referência é o esquema Asa.ZnS, utilizado no setor elétrico para a proteção de estruturas metálicas em ambientes muito agressivos, como, por exemplo, atmosferas industriais e marinhas. Neste esquema, a tinta de fundo é pigmentada com zinco metálico e, ao contrário do esquema anterior (Asa.Barr), seu mecanismo de atuação é baseado nos princípios da proteção catódica, conferindo desempenho anticorrosivo superior ao substrato, em danos mecânicos. Estes dois esquemas são tradicionais e à base de solventes.

O esquema Asa.Zna1 é uma inovação tecnológica, de base aquosa, com tinta de fundo pigmentada com zinco metálico, sugerida como alternativa ao esquema Asa.ZnS. O primeiro, além de ter a importância ecológica, permitiria a redução de uma etapa de aplicação, a da tinta intermediária. A princípio, pelo fato da tinta de fundo conter dois tipos de pigmentos, o zinco metálico e o óxido de ferro micáceo, a tinta tem uma dupla atuação, como tinta de fundo e intermediária. O óxido de ferro micáceo propõe-se a aprimorar o papel de barreira, característico das tintas intermediárias. Pela redução de uma etapa na aplicação do esquema, haveria vantagem em termos de custo. Tal avaliação de custo foi realizada no trabalho e será apresentada adiante, em detalhes.

O esquema Asa.Zna2 corresponde à versão de base aquosa em que a tinta intermediária foi aplicada. Neste caso, a tinta de fundo tem apenas o zinco como pigmento anticorrosivo. O pigmento de óxido de ferro micáceo está presente somente na composição da tinta intermediária. A tinta de acabamento utilizada foi a mesma nos esquemas Asa.Zna2 e Asa.Zna1, um poliuretano acrílico de base aquosa.

Adicionalmente, foram aplicadas somente as tintas de fundo pigmentadas com zinco nas chapas de aço, para a realização de ensaios eletroquímicos. Tais corpos de prova foram denominados ZnS, Zna1 e Zna2, como as tintas de fundo dos esquemas Asa.ZnS, Asa.Zna1 e Asa.Zna2, respectivamente. Os ensaios eletroquímicos efetuados foram medidas de potencial

ao longo do tempo, em duas condições, a saber: sem exposição do substrato e com exposição de 5% do substrato em relação à área total. O monitoramento de potencial foi realizado em imersão em solução de cloreto de sódio 3,5%, com auxílio de um eletrodo de referência de calomelano saturado e um multímetro de alta impedância. A fim de complementar a análise de resultados dos ensaios eletroquímicos, foi realizada microscopia ótica da seção transversal dos corpos de prova.

Para avaliar o desempenho anticorrosivo dos esquemas de pintura foi realizado um ensaio cíclico de corrosão, em que os corpos de prova eram submetidos a ciclos constituídos por 3 dias em câmara de exposição à radiação ultravioleta B (ciclo de 8 h de luz a 70 °C e 0,49 W/m²/nm e 4 h de condensação de umidade a 50 °C), 1 dia em freezer, a -10 °C e 3 dias em câmara de névoa salina contínua, conforme norma ASTM B117 (3). O tempo total de ensaio foi de 4107 h, para os esquemas Asa.Barr, Asa.ZnS e Asa.Zna1. O esquema Asa.Zna2 foi submetido ao mesmo tipo de ensaio, porém em outro momento do projeto de pesquisa com 4300 h de exposição. Apesar desta pequena diferença entre os tempos de ensaio, não houve prejuízo na interpretação de resultados de desempenho anticorrosivo, como será apresentado adiante.

Somente para os esquemas Asa.Barr, Asa.ZnS e Asa.Zna1, o ensaio cíclico de corrosão foi corroborado com resultados de um ensaio de exposição natural na estação de corrosão atmosférica do Cepel, caracterizada como uma atmosfera urbana de média agressividade, para aço carbono (4). Este ensaio foi conduzido de forma acelerada, pela pulverização de solução de cloreto de sódio 1% sobre os corpos de prova, duas vezes por semana, durante 2 anos.

Antes dos ensaios de desempenho anticorrosivo, com o objetivo de simular danos à película em condições de trabalho, em parte dos corpos de prova, foi realizado um corte vertical na película até atingir o substrato, paralelo à maior dimensão da chapa, com 80 mm de comprimento e 0,3 mm de largura. Após os ensaios, o avanço de corrosão e degradação, sob o revestimento,

na região da incisão, em milímetros, foi calculado pela seguinte equação.

onde:

Ac = avanço de corrosão sob o revestimento/degradação na região da incisão (mm)

d = valor médio (mm) correspondente à largura total do avanço/degradação na região da incisão sob o revestimento por pintura.

Avaliou-se, assim, a propriedade que os revestimentos têm em conter o avanço de corrosão, quando se observa um dano mecânico na pintura, expondo o substrato às condições de agressividade.

Adicionalmente, foram realizados ensaios de aderência por resistência à tração, segundo a norma ASTM D4541 (5) e ensaios de aderência por corte em X (ABNT NBR 11003 (6), método A) e em grade (ISO 2409 (7)), tanto na condição inicial, quanto após os ensaios de desempenho anticorrosivo.

Durante a aplicação dos esquemas de pintura, foi realizado um levantamento de gastos para avaliar quais etapas da aplicação foram mais onerosas em termos de custos. Associado aos preços das diferentes tintas utilizadas, foi possível analisar o quanto a redução de etapas num processo de pintura pode reduzir o custo do esquema de pintura final. Com base no

desempenho geral dos esquemas de pintura, e considerando seus custos relativos, obteve-se uma análise da relação entre o custo e o benefício conferido pelos diferentes esquemas de pintura.

Resultados e Discussão

Tintas de Fundo Pigmentadas com Zinco

As Figuras 1 e 2 apresentam os resultados dos ensaios eletroquímicos com as tintas de fundo pigmentadas com zinco, respectivamente, nas duas condições investigadas, com 5% de área do substrato exposta e sem exposição de área do substrato, em solução de cloreto de sódio 3,5%.

Para tintas pigmentadas com zinco, as medidas de potencial em solução salina devem apresentar valores próximos a -1000 mV, enquanto houver zinco metálico disponível para proteger o substrato. Na medida em que o zinco vai sendo oxidado, o potencial começa a elevar-se para valores mais anódicos e quando atinge valores em torno de -700 mV, observa-se o aparecimento de corrosão vermelha do substrato. Neste momento, o zinco disponível para proteger o metal base foi consumido. Assim, o desempenho neste ensaio será melhor quanto mais tempo for registrado até o aparecimento de corrosão vermelha e até o valor de potencial atingir o patamar de -700 mV.

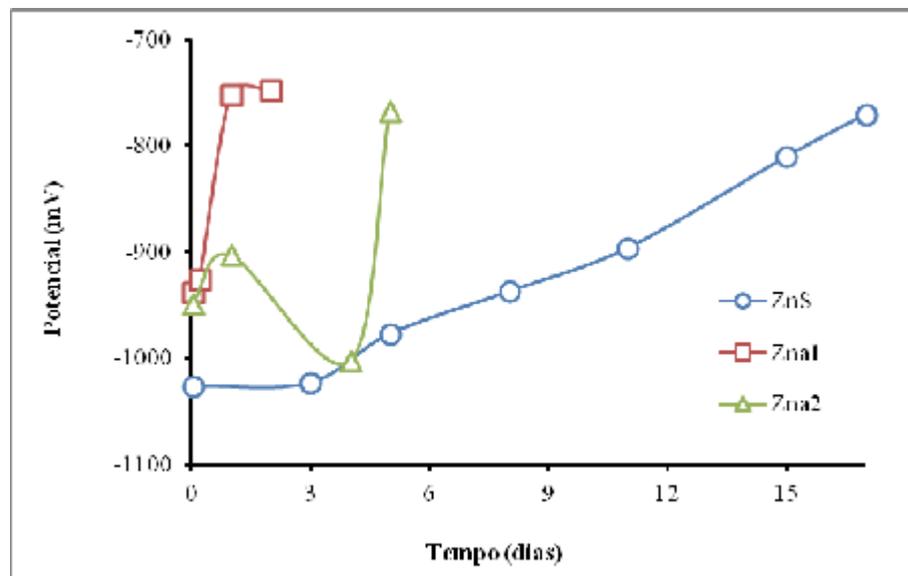


Figura 1 - Medidas de potencial eletroquímico ao longo do tempo, em relação ao eletrodo de referência de calomelano saturado, em ensaio de imersão em solução de cloreto de sódio 3,5%, com 5% de área de substrato exposta.

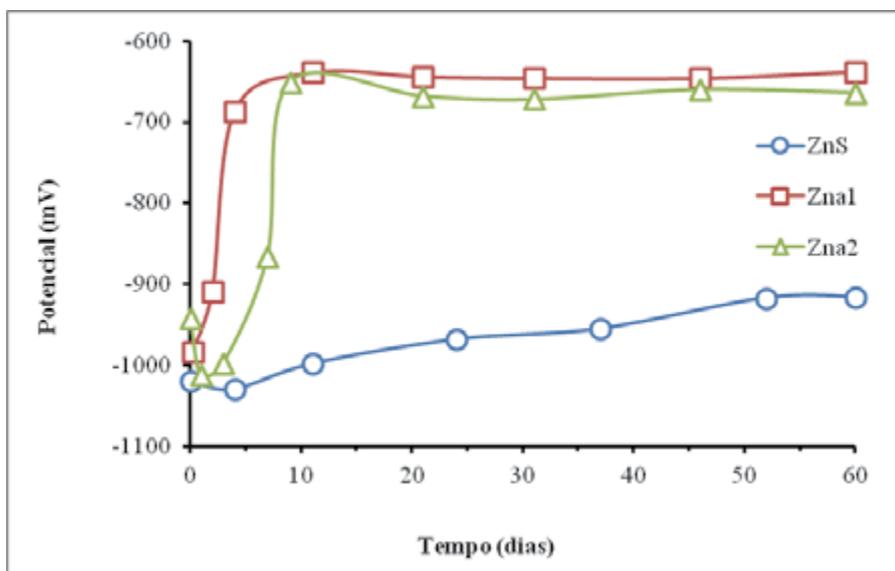


Figura 2 - Medidas de potencial eletroquímico ao longo do tempo, em relação ao eletrodo de referência de calomelano saturado, em ensaio de imersão em solução de cloreto de sódio 3,5%, sem área de substrato exposta.

Pelas Figuras 1 e 2, ambos os ensaios eletroquímicos apresentaram o mesmo resultado comparativo de desempenho entre as tintas, sendo que o melhor desempenho foi observado para a tinta à base de solvente. Entre as tintas de base aquosa, a Zna2 apresentou um desempenho um pouco superior que a Zna1, indicando que a presença do óxido de ferro micáceo na composição de Zna1 pode estar prejudicando a sua proteção galvânica.

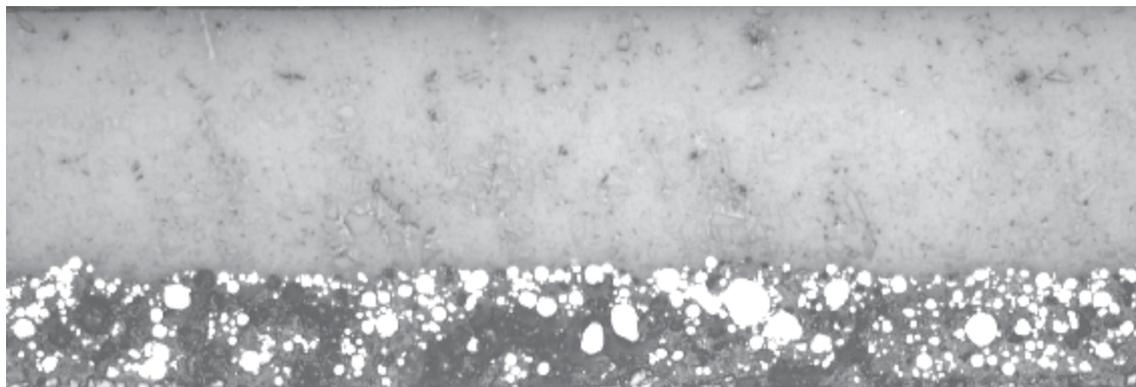
Os resultados dos ensaios eletroquímicos devem estar relacionados com o teor de zinco metálico na película seca. Conforme trabalhos de pesquisa anteriores, o teor de zinco metálico na película seca de tintas de fundo ricas em zinco está diretamente relacionado à sua proteção galvânica em ensaios eletroquímicos (8).

Porém o teor de zinco metálico na película seca não é o único parâmetro responsável pelo desempenho eletroquímico. Também já foram investigadas, pela equipe de corrosão do Cepel, outras características de tintas ricas em zinco, como o tipo de resina, a espessura da película e a relação entre a concentração volumétrica de pigmento (CVP) e a concentração volumétrica de pigmento crítica (CVPC), que têm relação com a proteção galvânica da tinta (9). No presente trabalho, destaca-se o efeito adicional da presença do pigmento óxido de ferro micáceo

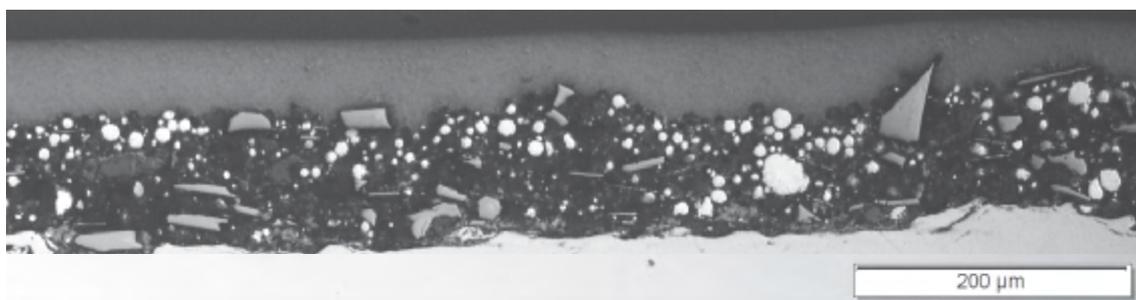
na tinta Zna1, prejudicando o desempenho desta. Este fato ficou comprovado através de ensaios de microscopia ótica, apresentados na Figura 3 (aumento de 200 vezes).

As tintas de fundo nos três esquemas da Figura 3 mostram os pigmentos de zinco em forma arredondada e brilhante, por serem pigmentos metálicos e refletirem a luz do microscópio. O óxido de ferro micáceo é um pigmento que tem a morfologia característica lamelar, o que é importante para tintas que atuam por mecanismo do tipo barreira, tornando-as mais impermeáveis à passagem de umidade. Essas lamelas ficaram bem evidentes na tinta intermediária do esquema Asa.Zna2 e na tinta Zna1, em que se encontram combinadas com o zinco metálico. Comparando-se as imagens do esquema Asa.Zna1 com o do Asa.ZnS, cuja tinta de fundo somente apresenta o pigmento de zinco, fica claro que a adição do óxido de ferro micáceo, além de diminuir a concentração de zinco na película, prejudicou o contato elétrico entre as partículas de zinco, visto a sua morfologia lamelar situar-se entre os pigmentos de zinco. Assim, justifica-se integralmente o desempenho inferior da tinta Zna1 observado nos ensaios eletroquímicos.

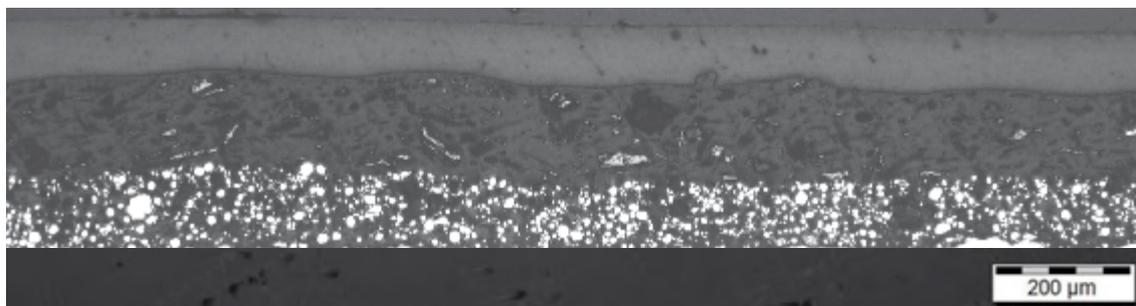
Ou seja, por um lado, a adição do óxido de ferro micáceo na tinta de fundo pigmentada com



Esquema Asa.ZnS: ZnS + epóxi poliamida + poliuretano acrílico



Esquema Asa.Zna1: Zna1 + poliuretano acrílico de base aquosa



Asa.Zna2: Zna2 + epóxi óxido ferro micáceo + poliuretano acrílico de base aquosa

Figura 3 - Microscopia ótica da seção transversal dos esquemas de pintura (200 X).

zinco tem a vantagem de, supostamente, aprimorar suas propriedades de barreira. Mas por outro lado, prejudica o mecanismo de atuação da tinta baseado nos princípios da proteção catódica. Como o desempenho do esquema de pintura dependerá da atuação dos dois tipos de mecanismo, a avaliação de desempenho dos esquemas é importante a ser considerada e seus resultados são apresentados a seguir.

Desempenho dos Esquemas de Pintura

A Figura 4 apresenta os resultados de avanço de corrosão a partir da incisão, ao final do ensaio cíclico.

Após os ensaios cíclicos, em nenhum dos esquemas observou-se o aparecimento de corrosão, fendimento ou empolamento, fora da região da incisão. Na região em torno da incisão,

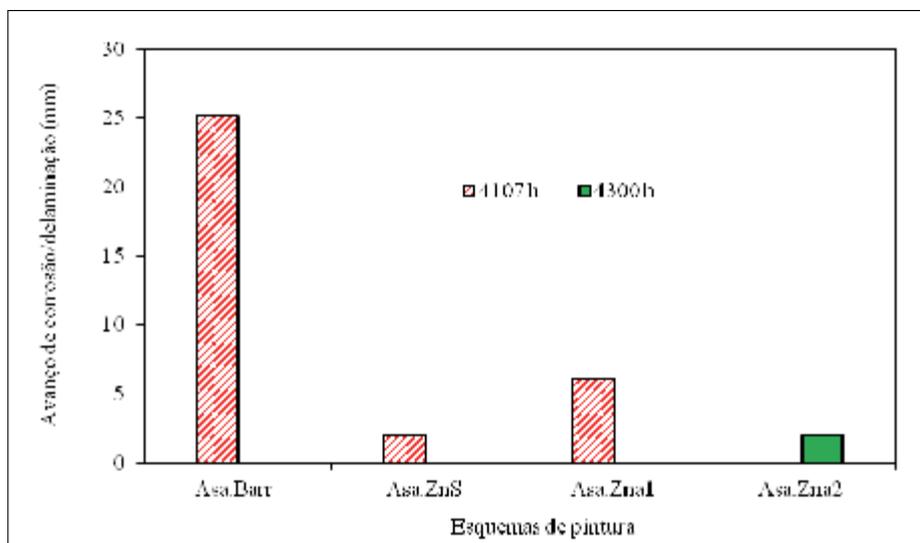


Figura 4 – Resultados de desempenho anticorrosivo nos ensaios cíclicos.

observou-se, sobretudo, a formação de corrosão vermelha e, conseqüentemente, avanço de corrosão. Os esquemas Asa.ZnS e Asa.Zna2 apresentaram desempenho equivalente entre si e superior ao dos esquemas Asa.Zna1 e Asa.Barr. O esquema Asa.Zna1 foi intermediário entre os anteriores e o Asa.Barr, em termos de avanço de corrosão. Este comportamento também foi reproduzido no ensaio na estação de corrosão atmosférica do Cepel, após 2 anos de exposição, considerando-se os esquemas Asa.Barr, Asa.ZnS e Asa.Zna1, o que pode ser observado na Figura 5.

A Tabela 2 apresenta os resultados de aderência, na condição inicial, antes da realização dos ensaios acelerados de corrosão.

Pela Tabela 2, observam-se bons resultados de aderência inicial para todos os esquemas de pintura. Os valores de tensão de ruptura e natureza de falha são característicos dos tipos de revestimentos estudados e já foram observados

em trabalhos anteriores do Cepel (10-12). Em nenhum dos casos, observou-se falha entre o substrato e o revestimento. Nos ensaios de corte em X e em grade, obtiveram-se graus satisfatórios na classificação para todos os esquemas de pintura, não sendo observadas falhas de aderência importantes. O resultado Gr 1 no esquema Asa.Zna2 foi associado à falha coesiva B.

Após os ensaios de desempenho anticorrosivo, foram realizados os mesmos ensaios de aderência. Os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Após o ensaio cíclico, a maioria dos esquemas de pintura apresentou resultados de aderência com poucas diferenças em relação à condição inicial, sendo estes considerados bons resultados. A exceção foi observada para o esquema de base aquosa, Asa.Zna1. Neste caso, houve uma perda significativa de aderência, inclusive com falha entre o substrato e o revestimento.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de aderência referentes à condição inicial.

Esquema de Pintura	Aderência por resistência à tração ASTM D4541 (5)		Aderência por corte em X NBR 11003 A (6)	Aderência por corte em grade ISO 2409 (7)
	Tensão de ruptura (MPa)	Natureza da Falha		
Asa.Barr	23,5	C	X ₀ Y ₀	Gr 0
Asa.ZnS	8,9	B	X ₀ Y ₀	Gr 0
Asa.Zna1	9,7	B	X ₀ Y ₀	Gr 0
Asa.Zna2	9,2	B	X ₀ Y ₀	Gr 1

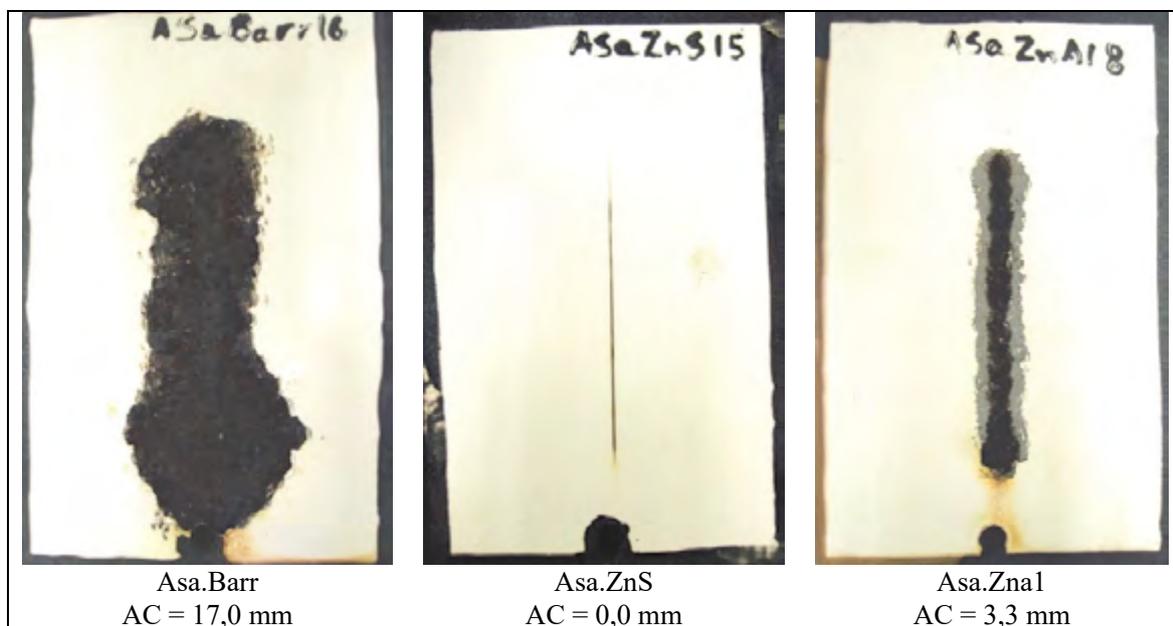


Figura 5 - Aspecto visual dos corpos de prova, após ensaio de 2 anos em exposição natural, conduzido de forma acelerada. AC = avanço de corrosão

Tabela 3 - Resultados de aderência após ensaio cíclico.

Esquema de Pintura	Aderência por resistência à tração ASTM D4541 (5)		Aderência por corte em X NBR 11003 A (6)	Aderência por corte em grade ISO 2409 (7)
	Tensão de ruptura (MPa)	Natureza da Falha		
Asa.Barr	34,8	50% C 20% B 30% Y	X ₀ Y ₀	Gr 0
Asa.ZnS	8,0	B	X ₀ Y ₀	Gr 0
Asa.Zna1	(*)	A/B	X ₃ Y ₃	Gr 4
Asa.Zna2	21,3	25% B 75% Y	X ₀ Y ₀	Gr 1

(*) Não foi possível medir, o carretel perdeu a aderência com baixíssima tensão de ruptura.

Isto indica que este esquema de pintura de base aquosa tem uma resistência inferior aos demais, quanto às condições de agressividade do ensaio cíclico, o que ocasionou a deterioração mais acentuada de sua película, a ponto de resultar em perda considerável de aderência. Porém, este resultado não foi observado com o esquema de pintura Asa.Zna2 de base aquosa, após 4300 h de ensaio cíclico. Portanto, o desempenho inferior do esquema Asa.Zna1 pode estar associado a ausência de uma tinta intermediária, que prejudicou sua propriedade

de barreira, facilitando a permeação de eletrólito através do revestimento durante os ensaios cíclicos e ocasionando perda de aderência. Este resultado foi reproduzido qualitativamente, após 2 anos de exposição na estação de corrosão atmosférica do Cepel (Tabela 4). Novamente, o esquema Asa.Zna1, apresentou baixa tensão de ruptura e falha de natureza adesiva, entre o substrato e o revestimento, distintamente dos demais, que mantiveram suas propriedades de aderência similares as da condição inicial. O esquema Asa.Zna2 não foi submetido ao

Tabela 4 – Resultados de aderência após 2 anos de exposição atmosférica no Cepel.

Esquema de Pintura	Aderência por resistência à tração ASTM D4541 (5)	
	Tensão de ruptura (MPa)	Natureza da Falha
Asa.Barr	31,0	50% C 50% Y
Asa.ZnS	8,6	B
Asa.Zna1	2,2	A/B

ensaio na estação de corrosão, porém, como seu resultado no ensaio cíclico foi equivalente ao esquema à base de solvente (Asa.ZnS), espera-se comportamento semelhante numa condição de exposição natural.

Análise de Gastos e Custos na Preparação dos Esquemas de Pintura

Durante a preparação dos corpos de prova, foram registrados os tempos gastos para a realização das seguintes etapas:

- tratamento de superfície;
- preparação das tintas;
- aplicação das tintas;

O gasto de tempo total (G_T) de cada esquema de pintura foi calculado pela seguinte equação.

$$G_T = G_{TS} + G_{PE} + G_{AE}$$

Onde:

G_T é o gasto total de tempo para aplicar o esquema de pintura, em h/m²;

G_{TS} é o gasto de tempo na etapa de tratamento de superfície, em h/m²;

G_{PE} é o gasto de tempo na etapa de preparação das tintas do esquema de pintura, em h/m²;

G_{AE} é o gasto de tempo na etapa de aplicação das tintas do esquema de pintura, em h/m².

A Figura 6 apresenta os tempos gastos durante as etapas de preparação dos esquemas de pintura, que somadas resultam no gasto total de tempo.

Observa-se que os esquemas que consomem o maior tempo de preparação são aqueles que têm um maior número de demãos aplicadas. Os esquemas Asa.ZnS e Asa.Zna2 foram aplicados em 3 demãos de tintas e os esquemas Asa.Barr e Asa.Zna1, em 2 demãos. Durante a etapa de aplicação das tintas, os esquemas que têm tintas de fundo pigmentadas com zinco (Asa.ZnS, Asa.Zna1 e Asa.Zna2) gastaram tempo a mais na aplicação da segunda demão, porque se fez necessário realizar o *mist coat*. Este procedimento consiste em aplicar uma demão bem

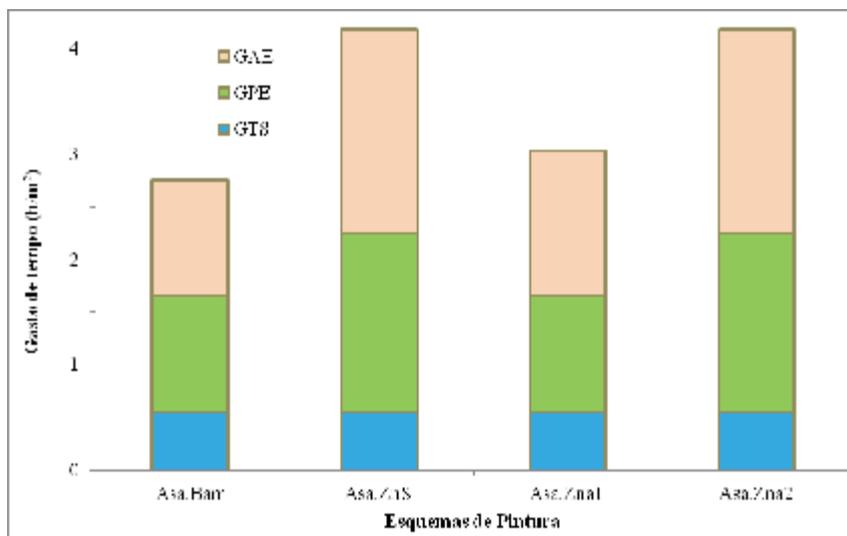


Figura 6 – Resultados de gasto de tempo na elaboração dos esquemas de pintura.

fina da tinta subsequente, apenas para selar a superfície da tinta de fundo e após curto tempo de secagem, aplicar a demão na espessura especificada. É um recurso utilizado para evitar a formação de pequenas bolhas na tinta da segunda demão, durante a sua secagem, tipicamente observado quando se emprega uma tinta impermeável sobre uma tinta porosa (como é o caso das tintas pigmentadas com zinco). Observou-se experimentalmente que o *mist coat* aumentava o tempo de aplicação da segunda demão em 50%.

Os resultados apresentados são úteis para se realizar uma avaliação de produtividade dos diferentes esquemas de pintura aplicados. Considerando-se o gasto total de tempo para elaboração dos esquemas de pintura, os esquemas Asa.ZnS e Asa.Zna2 ocuparam igualmente a primeira posição, em termos de mais baixa produtividade, por apresentarem 3 demãos de tinta e a realização de *mist coat*. Com uma demão a menos, ganhou-se em produtividade nos esquemas Asa.Barr e Asa.Zna1, sendo que o valor de gasto total de tempo no primeiro caso foi levemente menor que no segundo, pois no primeiro não houve o procedimento de *mist coat*.

Para se calcular o custo de elaboração dos esquemas de pintura, com base no consumo de mão de obra, multiplica-se o valor do tempo para aplicar a pintura em 1 m² pelo valor de Homem-Hora (HH), em R\$/h. Deve-se levar em

conta que o custo total do esquema de pintura apresenta outra parcela importante a ser considerada, que é o custo das tintas utilizadas. Para o cálculo do custo total do esquema de pintura (C_{EP}) tal parcela deve ser somada com o custo de mão de obra devido à aplicação do esquema de pintura, expresso pela seguinte equação.

$$C_{EP} = C_T + C_{MO}$$

Onde:

C_{EP} é o custo do esquema de pintura, em R\$/m²;

C_T é a soma dos custos das tintas utilizadas para aplicar o esquema de pintura, em R\$/m²;

C_{MO} é o custo de mão de obra para aplicar o esquema de pintura, em R\$/m².

O custo das tintas e dos esquemas de pintura foram calculados com base em informações obtidas junto ao fabricante, a partir dos preços das tintas e do rendimento teórico citado nos boletins técnicos. Foram assumidos valores de HH para as etapas de preparação dos esquemas de pintura, com base em dados de mercado. As informações foram obtidas no primeiro semestre de 2017. O objetivo em quantificar estes valores, HH e preços das tintas, foi ilustrar a metodologia para cálculo dos custos associados aos serviços de pintura anticorrosiva. Os resultados estão na Figura 7.

O esquema Asa.Barr tem o menor custo de mão de obra e de tintas. Os esquemas com tintas

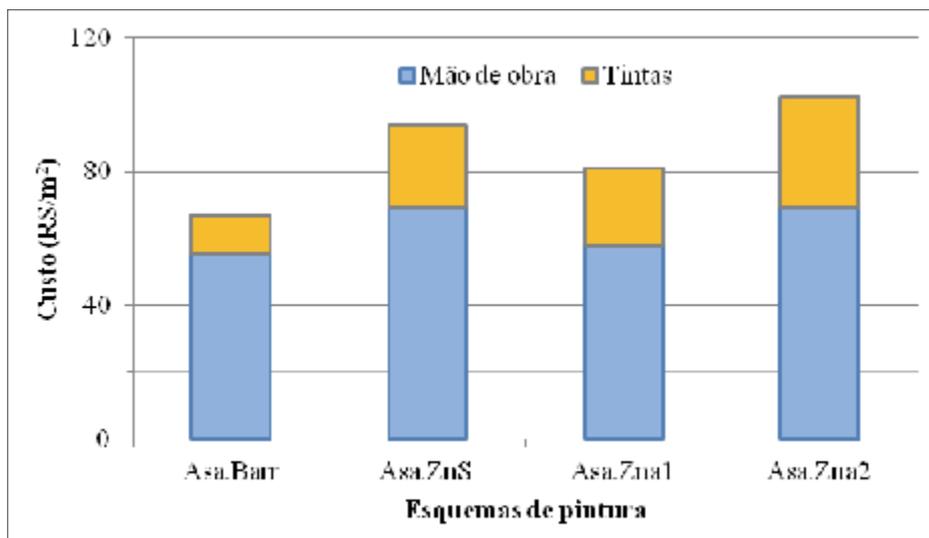


Figura 7 - Parcelas de custo e custo total dos esquemas de pintura.

de fundo pigmentadas com zinco têm maior custo que o esquema por barreira, visto que as tintas são de tecnologia com maior preço e em função da maior necessidade de mão de obra para aplicar este tipo de tinta. Comparando-se os três esquemas com tintas de fundo pigmentadas com zinco, o Asa.Zna1 tem a vantagem de ser aplicado com uma demão a menos e por isso, reduz-se o custo de mão de obra e de tintas. Comparando-se os outros dois entre si, o que eleva o custo do esquema Asa.Zna2 é a tecnologia de tintas, que tem preço mais elevado.

Avaliação da Relação entre Custo e Benefício

O objetivo desta análise é verificar quais as vantagens na seleção entre os esquemas de pintura investigados, com base em seus custos e no benefício obtido. Este é expresso pelo desempenho anticorrosivo dos esquemas de pintura. Em cada ensaio, atribuiu-se pontos aos esquemas de pintura, conforme seu desempenho. Na Tabela 5, são descritos o sistema de pontos e sua interpretação.

Tabela 5 – Pontuação de desempenho de esquemas de pintura em ensaios.

Pontos	Interpretação
0	O esquema de pintura apresentou desempenho inferior.
1	O esquema de pintura apresentou desempenho intermediário.
2	O esquema de pintura apresentou desempenho superior.

Como cada ensaio tem parâmetros diferentes para avaliação de desempenho, a utilização deste sistema de pontuação é uma forma de padronizar a classificação de desempenho de cada esquema. Os pontos obtidos nos ensaios foram somados, possibilitando estabelecer uma avaliação de benefício entre os diferentes esquemas de pintura, e calculou-se uma porcentagem para avaliação de desempenho, uma vez que nem todos os esquemas foram avaliados em todos os ensaios. Os resultados são apresentados na Tabela 6. Na Figura 8 são apresentados, em forma gráfica, os resultados da avaliação de benefício em conjunto com o custo dos esquemas de pintura.

Comparando-se os esquemas com tintas de fundo pigmentadas com zinco, Asa.ZnS, Asa.Zna1 e Asa.Zna2, o melhor desempenho foi observado para o Asa.ZnS, a base de solvente, que é o esquema tradicional utilizado na proteção de estruturas do setor elétrico, expostas a condição de elevada agressividade. Em todos os ensaios avaliados, seu desempenho foi máximo e seu custo, intermediário dentre os esquemas com tinta de fundo pigmentada com zinco. O menor custo entre estes três foi para o esquema Asa.Zna1, com uma demão a menos e a tinta de fundo também pigmentada com óxido de ferro micáceo. Como verificado pelos ensaios, este pigmento prejudica a atuação de proteção catódica do zinco, impedindo o contato elétrico entre as partículas do pigmento anticorrosivo e o substrato. Este fato corrobora os maiores valores de avanço

Tabela 6 – Pontuação de desempenho para os esquemas de pintura por ensaio.

Ensaio	Pontos dos esquemas			
	Asa.Barr	Asa.ZnS	Asa.Zna1	Asa.Zna2
Potencial vs. tempo com 5% de área de substrato exposta	-	2	0	1
Potencial vs. tempo sem área de substrato exposta	-	2	0	1
Ensaio de cíclico - avanço de corrosão	0	2	1	2
Exposição natural, 2 anos - avanço de corrosão	0	2	1	-
Aderência inicial	2	2	2	2
Aderência após ensaio cíclico	2	2	0	2
Aderência após ensaio natural	2	2	0	-
Total de pontos	6/10	14/14	4/14	8/10
Avaliação de benefício ou classificação de desempenho (%)	60	100	29	80

de corrosão a partir da incisão, em relação aos outros dois esquemas mencionados. Também nos ensaios de aderência, o esquema apresentou desempenho inferior, mostrando que a tinta intermediária é importante neste tipo de esquema, para ampliar sua propriedade de barreira e retardar a degradação da película. Por tudo isso, apesar do esquema ser o mais econômico, seu desempenho deixou muito a desejar, e para condições de elevada agressividade, recomenda-se que sejam aplicados os demais esquemas com tinta de fundo pigmentada com zinco.

Já o esquema de base aquosa com três demãos, Asa.Zna2, apresentou um desempenho superior ao Asa.Zna1 e equivalente, em termos de avanço de corrosão e de aderência, à versão a base de solvente, Asa.ZnS. Pode-se aperfeiçoar o desempenho do primeiro por um maior incremento do teor de zinco metálico na película seca da tinta de fundo, o que aprimoraria o seu desempenho nos ensaios eletroquímicos. O custo deste esquema foi apenas 9% superior ao esquema tradicional, à base de solvente, o que o torna bastante competitivo, considerando ainda a tendência de mercado para o uso de tecnologias ecologicamente mais amigáveis.

Conclusões

Este artigo apresenta um trabalho de pesquisa experimental de 2 anos, no qual foi possível avaliar o desempenho de diferentes tecnologias

de pintura anticorrosiva, com aplicação no setor elétrico para a proteção de estruturas metálicas e equipamentos, submetidos a diversas condições de agressividade.

Complementarmente à avaliação de desempenho, utilizou-se uma metodologia de estimativa de custos para os esquemas de pintura investigados, desenvolvida pela equipe de corrosão do Cepel, que permite a avaliação de custos para serviços de pintura a serem realizados pelas empresas Eletrobras, tanto em fase de projeto, quanto durante a manutenção. Esta metodologia é útil ao setor elétrico na tomada de decisão sobre custos envolvidos nas diferentes etapas da pintura industrial.

O trabalho mostrou que os custos não devem ser tomados isoladamente, devendo-se considerar também o desempenho. Às vezes, um menor custo pode significar um baixo desempenho anticorrosivo e por isso, a experiência técnica com a pesquisa sobre as diferentes tecnologias de pintura anticorrosiva deve ser levada em conta na escolha dos esquemas de pintura.

Para ambientes de elevada agressividade, indica-se o uso de esquemas de pintura contendo tinta de fundo pigmentada com zinco, que numa área de falha do revestimento, durante sua condição de operação, os pigmentos ativos de zinco protegem o substrato, impedindo o avanço de corrosão sob a pintura. Tecnologias

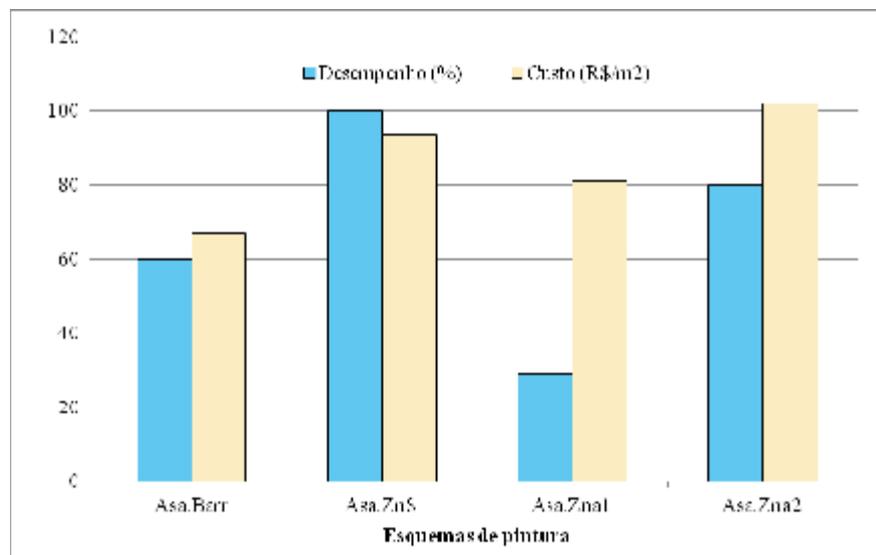


Figura 8 - Avaliação de desempenho e custo dos esquemas de pintura.

de base aquosa podem vir a substituir satisfatoriamente as tradicionais, à base de solventes, em termos de desempenho anticorrosivo, desde que sejam produzidas com teores de zinco metálico tão elevados quanto os utilizados nas tecnologias tradicionais. É possível ter custos competitivos entre os dois tipos de esquemas.

Quanto à ausência de uma demão de tinta intermediária, os resultados mostraram que, assim, o custo do esquema de pintura é bem reduzido, porém perde-se muito em desempenho. Dessa forma, é recomendável manter a tinta intermediária para aumentar a propriedade de barreira do esquema de pintura, sobretudo por se tratarem de esquemas que estarão em condições de elevada agressividade. A economia que se faz eliminando a demão intermediária não vale a pena, pois o fraco desempenho final do revestimento exigirá manutenção em menor tempo de vida útil.

Referências Bibliográficas

- (1) ISO 8501-1 - *Preparation of Steel Substrates before Application of Paints and Related Products - Visual Assessment of Surface Cleanliness - Part 1: Rust Grades and Preparation Grades of Uncoated Steel Substrates and of Steel Substrates after Overall Removal of Previous Coatings.*
- (2) ASTM D4417 - *Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel.*
- (3) ASTM B117 - *Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus.*
- (4) C. B. Reis; E. V. Bendinelli; A. P. Ordine; C. C. Amorim; Y. H. P. Café. "Análise crítica do ensaio de perda de massa para classificação do grau de agressividade atmosférica". 6th International Corrosion Meeting - INTERCORR 2016, Búzios - RJ, 2016.
- (5) ASTM D4541 - *Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.*
- (6) ABNT NBR 11003 - Tintas – Determinação da Aderência.
- (7) ISO 2409 - *Paints and Varnishes – Cross-cut Test.*
- (8) F. L. Fragata; A. P. Ordine. "Avaliação Anticorrosiva de Tintas de Fundo Ricas em Zinco, Monocomponente, com Resina de Poliisocianato". 2nd International Corrosion Meeting - INTERCORR 2008, Recife - PE, 2008.
- (9) A. P. Ordine; F. L. Fragata. "Estudo eletroquímico de tintas de fundo pigmentadas com zinco". *Corrosão e proteção*, v. 39, p. 30-33, 2011.
- (10) F. L. Fragata; A. P. Ordine; C. C. Amorim; O. Ferraz. "Ensaio de Aderência de Esquemas de Pintura pelo Método de Tração (Pull-off) - Avaliação de Fatores que Influenciam os Resultados". *Corrosão e Protecção de Materiais*, v. 27, p. 122-129, 2008.
- (11) F. L. Fragata; A. P. Ordine; C. C. Amorim. "Ensaio de Aderência em Tintas e Esquemas de Pintura Pelo Método de Resistência à Tração - Valores de Tensão de Ruptura, Tipos de Falha e Comentários Técnicos". 4th International Corrosion Meeting - INTERCORR 2012, Salvador - BA, 2012.
- (12) F. L. Fragata; A. P. Ordine; J. R. Xavier; M. M. Sá. "Ensaio de aderência em esquemas de pintura pelo método de resistência à tração - resultados obtidos com os equipamentos Patti® e Positest® automático". 12^a Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos - Coteq 2013, Porto de Galinhas - PE, 2013.

Avaliação da utilização de inibidores de *flash rusting* sob pintura anticorrosiva em condição de imersão a elevadas temperaturas

Leonardo Mukim de Moraes^a, Arariboia Martins da Cruz Lobo^b

^a Engenheiro Químico

^b Engenheiro Químico - AKZO NOBEL - Gerente de Desenvolvimento de Negócios

The marine sector has started using hydroblasting in Europe for coatings repair. It's a matter of wanting to be environmentally responsible. When flash rusting is too heavy for coating application, it may be removed or reduced by brushing with a hard bristle or wire brush, or by washing down with high pressure fresh water. This will cause the area to re-rust but it is possible to reduce the degree of flash rusting from heavy to light using this method. However, flash rusting can be prevented by the use of water soluble chemical corrosion inhibitors. These inhibitors may leave a crystalline layer on the steel surface as the water evaporates which can then lead to a loss of adhesion and osmotic blistering if coatings are applied over this type of surface. At atmospheric conditions, there isn't already the need to remove the inhibitor before coating application, on the other hand it's needed for immersion conditions, mainly when having temperature involved in. Thinking about this, the aim of this work is study the performance of Akzo Nobel product when applied over surfaces treated with flash rusting inhibitors on immersion condition at high temperatures. Steel panels with different surface preparations were coated with the product which meets Petrobras Standard N-2912 Type II and submitted to Atlas Cell testing for 2,000 h, with periodic inspections each 500h.

Keywords: flash rusting, inhibitors, anticorrosion paint.

O setor marítimo começou a utilizar hidrojateamento na Europa para manutenção de revestimentos. É uma questão de querer ser ambientalmente responsável. Quando o flash rusting é muito pesado/intenso para a aplicação do revestimento, ele pode ser removido ou reduzido por escovação com escova de cerda dura ou de arame, ou por lavagem com água doce à alta pressão. Isto fará com que a área reoxide, mas é possível reduzir o grau de flash rusting de pesado para leve usando este método. Entretanto, o flash rusting pode ser prevenido através do uso de inibidores de corrosão química solúveis em água. Estes inibidores podem deixar uma camada cristalina na superfície do aço à medida que a água evapora, podendo acarretar perda de aderência e formação de bolhas osmóticas, se os revestimentos forem aplicados sobre este tipo de superfície. Para condições atmosféricas, atualmente já não há a necessidade de remoção do inibidor antes da aplicação dos revestimentos, entretanto, para condições de imersão sim, principalmente quando houver temperatura envolvida. Pensando nisso, o objetivo deste trabalho é estudar o desempenho do produto da Akzo Nobel quando aplicado sobre superfícies tratadas com inibidor de flash rusting, em condição de imersão a elevadas temperaturas. Painéis de aço carbono com diferentes preparações de superfície foram revestidos com o produto que atende a Norma Petrobras N-2912 Tipo II e submetidos a ensaio de Célula Atlas durante 2.000 h, com inspeções periódicas a cada 500h.

Palavras-chave: flash rusting, inibidores, pintura anticorrosiva.

Introdução

O jateamento com água a pressões muito altas ou hidrojateamento é uma técnica de limpeza de superfícies que depende inteiramente da energia da água atingindo uma superfície para alcançar seu efeito de limpeza. Este processo não utiliza abrasivos, de modo que elimina os problemas causados pela poluição proveniente da poeira e da eliminação de abrasivos usados. O custo da preparação de superfície convencional com abrasivos tem aumentado devido às regulamentações ambientais, cada dia mais exigentes, que requerem a disposição cara de abrasivos. Além da redução das emissões de poeira e resíduos que tornam o processo de

hidrojateamento mais amigável ao meio ambiente e seres humanos, o uso da água como um componente do processo permite que se efetue uma lavagem de todos os contaminantes solúveis não visíveis em conjunto com a limpeza das superfícies.

As superfícies metálicas produzidas por hidrojateamento não se parecem com as produzidas por jateamento abrasivo seco ou jateamento úmido, isto ocorre, pois, a água por conta própria não pode cortar ou deformar aço como os abrasivos. As superfícies hidrojateadas, portanto, tendem a parecer foscas, mesmo antes de apresentarem flash rusting. Quando o flash rusting é muito pesado/intenso para a aplicação

do revestimento, ele pode ser removido ou reduzido por escovação com escova de cerda dura ou de arame, ou por lavagem com água doce à alta pressão. Isto fará com que a área reoxide, mas é possível reduzir o grau de flash rusting de pesado para leve usando estemétodo.

Entretanto, o flash rusting pode ser prevenido através do uso de inibidores de corrosão química solúveis em água. Estes inibidores podem deixar uma camada cristalina na superfície do aço à medida que a água evapora, podendo acarretar perda de aderência e formação de bolhas osmóticas, se os revestimentos forem aplicados sobre este tipo de superfície. Para condições atmosféricas, atualmente já não há a necessidade de remoção do inibidor antes da aplicação dos revestimentos, entretanto, para condições de imersão sim, principalmente quando houver temperatura envolvida. Pensando nisso, o objetivo deste trabalho é estudar o desempenho do produto da Akzo Nobel quando aplicado sobre superfícies tratadas com inibidor de flash rusting, em condição de imersão a elevadas temperaturas. Painéis de aço carbono com diferentes preparações de superfície foram revestidos com o produto que atende a Norma Petrobras N-2912 Tipo II (1) e submetidos a ensaio de Célula Atlas, segundo a Norma ASTM C 868-02 (2), a 60 °C durante 2.000 h, com inspeções periódicas a cada 500h.

Metodologia

O ensaio de Célula Atlas está sendo realizado de acordo com a Norma ASTM C 868-02, portanto, ele é utilizado para avaliar a resistência de um revestimento imerso na fase líquida, na fase de vapor e na interface líquido-vapor a uma temperatura específica. A duração do ensaio será de 2.000 h e, após este período, serão realizados ensaios de aderência Pull Off em conformidade com a Norma ISO 4624 (3), com a utilização do equipamento PosiTest AT-A, em todos os painéis, em cada área de contato com a solução, especificada na Norma Petrobras N-2912. As preparações de superfície, aplicação e os ensaios estão sendo realizados em nosso Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento, localizado em Santo André - SP. A figura 1 mostra as Células Atlas em teste e a célula consiste dos seguintes

materiais: célula de vidro; termômetro; coluna de condensação; resistência elétrica; controlador de potência e 2 painéis de teste.

Os ensaios foram realizados com as seguintes características:

Preparação de superfície:

Painéis de aço carbono de seção circunferencial e diâmetro de 150 mm, com grau A de intemperismo, segundo a Norma ISO 8501-1 (4), passaram por processo de jateamento abrasivo com granalha de aço, até o padrão de limpeza Sa 2 ½, conforme a mesma Norma, e até atingir perfil de rugosidade de 72 micrometros, em média. Portanto, foi utilizado o fator de redução da espessura da película seca de 40 micrometros, de acordo com a Norma ABNT NBR 10443 (5).

Dentre os painéis; 2 foram então imersos em uma solução de 1:50 (1 parte de um inibidor de flash rusting composto basicamente por uma Tri(hidroxietil) amina e água, para 50 partes de água desmineralizada) e então, submetidos ao intemperismo por 48 h, em um ambiente com categoria de corrosividade atmosférica C3, de acordo com a Norma ISO 12944-2 (6). Após este período, removeu-se o inibidor com lavagem à baixa pressão, somente de um dos painéis antes da aplicação do revestimento [painel #1 (com remoção do inibidor) e painel #2 (sem remoção do inibidor)]; 1 painel foi imerso em água doce e submetido ao intemperismo até atingir flash rusting de grau leve (painel #3), de acordo com a Norma SSPC-VIS N° 4 / NACE VIS 7 (7); e 1 painel foi mantido em uma caixa com sílica gel pré-tratada (painel #4).

Após as preparações descritas acima, o teor de sais solúveis na superfície de cada painel foi medido através da Norma ISO 8502-6 (8), apresentando os resultados abaixo, da tabela 1, conforme expostos nas figuras 2 a 5.

Tabela 1 - Teor de sais solúveis na superfície dos painéis

Referência	Resultado (µg/cm ²)
Painel #1	0,8
Painel #2	2,0
Painel #3	0,8
Painel #4	1,6

Aplicação do revestimento:

A aplicação do produto alvo do presente estudo foi realizada à trincha, sob as condições climáticas apresentadas abaixo:

Temperatura ambiente: 22,3 °C Umidade relativa do ar: 71,0 % Ponto de orvalho: 16,0 °C
Temperatura da superfície: 24,6 °C

A espessura da película seca foi de 450 micrometros e os painéis permaneceram por 7 dias em condições controladas de temperatura e umidade relativa, antes da realização do ensaio de Célula Atlas a (60 ± 2) °C, durante 2.000 h, com inspeções periódicas a cada 500 h.



Figura 1 - Células Atlas



Figura 2 - Medição de sais solúveis (Painel #1)



Figura 3 - Medição de saissolúveis (Painel#2)

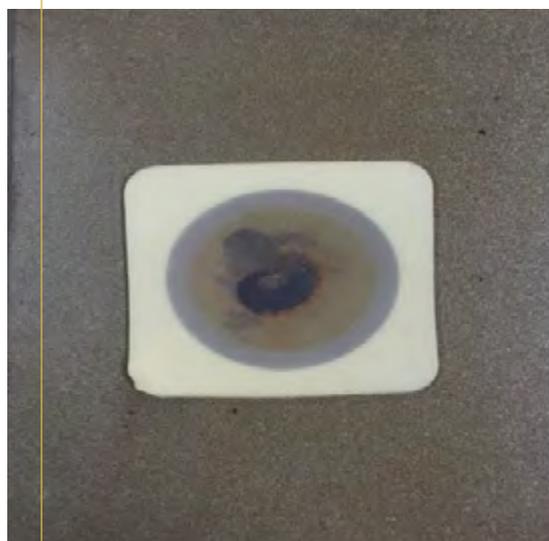


Figura 4 - Medição de saissolúveis (Painel#3)



Figura 5 - Medição de saissolúveis (Painel#4)

Resultados e discussão

Até o momento foi realizada 1 inspeção (após 500 h de ensaio) em ambas as Células Atlas, portanto, as células foram abertas e os revestimentos foram, visualmente, avaliados nas áreas de contato com a fase líquida, vapor e na interface líquido-vapor, com o objetivo de verificar as seguintes características:

Variação de cor:

Uma pequena variação de cor entre as áreas de contato com a fase líquida e vapor foi observada em todos os painéis, sendo algo esperado e que não compromete o desempenho do revestimento.

Variação de brilho:

Não foi observada variação de brilho entre as áreas de contato com a solução em todos os painéis.

Aspecto superficial:

Não foram detectados sinais de erosão química ou física em todos os painéis.

Evidência de bolhas, craqueamento e delaminação:

Nos painéis preparados com aplicação do inibidor de flash rusting, com e sem remoção do mesmo antes da aplicação do revestimento, foi observada a presença de bolhas osmóticas com grau 4 (S4), de acordo com a Norma ISO 4628-2 (9), nas áreas de contato com a fase vapor da solução. Nenhuma degradação foi notada nos outros 2 painéis.

Variação de pH da solução:

Durante cada inspeção será realizada a medição de pH de cada solução. Como podemos notar, após 500 h de ensaio houve uma variação muito pequena, que pode ser considerada normal. A tabela 2 abaixo mostra a variação de pH das soluções durante o ensaio:

Tabela 2 - Medição de pH das soluções das Células Atlas

Célula Atlas	Inicial	1ª inspeção
Nº 1		5,2
	5,0	
Nº 2		5,3

As figuras 6 a 17 mostram os painéis antes e após a aplicação do revestimento, assim como após 500 h de ensaio.



Figura 6 - Painel #1 imediatamente antes da aplicação



Figura 7 - Painel #2 imediatamente antes da aplicação



Figura 8 - Painel #3 imediatamente antes da aplicação



Figura 10 - Painel #1 imediatamente após a aplicação

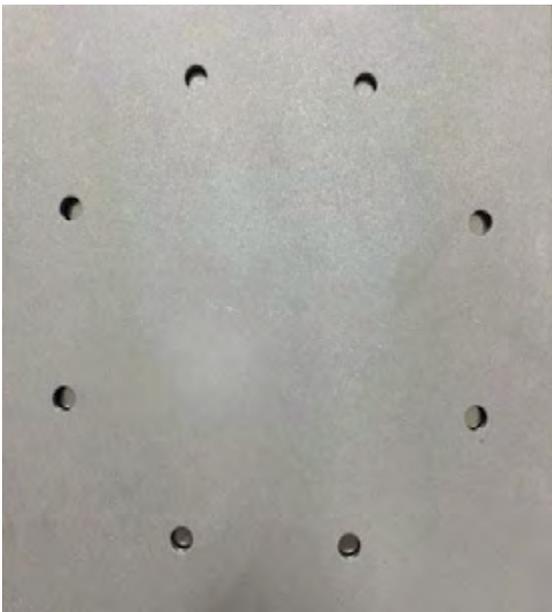


Figura 9 - Painel #4 imediatamente antes da aplicação



Figura 11 - Painel #2 imediatamente após a aplicação

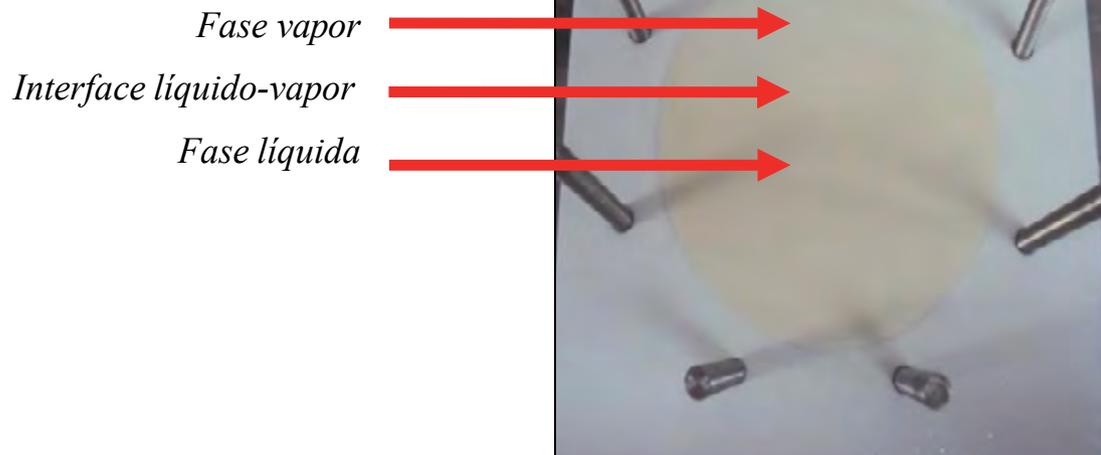


Figura 12 - Painel #3 imediatamente após a aplicação



Figura 13 - Painel #4 imediatamente após a aplicação

Figura 14 - Painel #1 após 500 h de ensaio (formação de bolhas osmóticas na fase vapor)



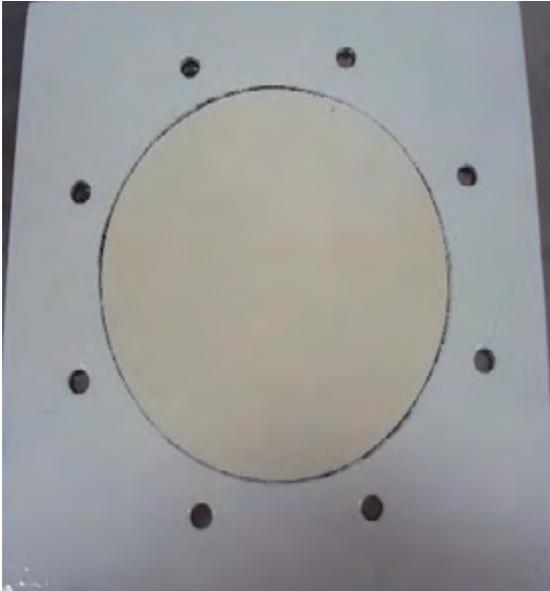


Figura 15 - Painele #2 após 500 h de ensaio (formação de bolhas osmóticas na fase vapor)

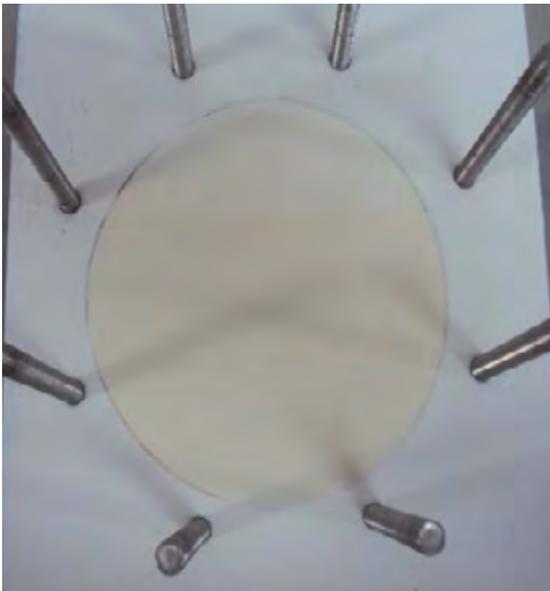


Figura 16 - Painele #3 após 500 h de ensaio mostrando apenas variação de cor entre as fases líquida e vapor

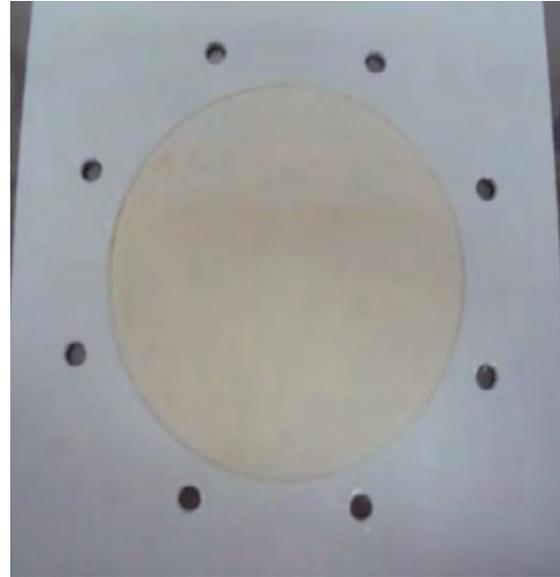


Figura 17 - Painele #4 após 500 h de ensaio mostrando apenas variação de cor entre as fases líquida e vapor

Os ensaios de aderência Pull Off serão realizados após 7 dias da última inspeção dos painéis. Este procedimento será feito com o objetivo de promover o condicionamento do revestimento após as 2.000 h de teste.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos até o momento, após 500 h de ensaio no laboratório, na discussão dos mesmos e nas considerações feitas ao longo do trabalho, pode-se concluir que:

- a) O produto da Akzo Nobel que atende a Norma Petrobras N-2912 Tipo II aplicado sobre a superfície tratada com o inibidor de flash rusting utilizado neste estudo, tanto sem a posterior remoção do mesmo quanto com lavagem da superfície com água doce à baixa pressão antes da aplicação do revestimento, apresentou bolhas osmóticas na fase vapor após 500 h de ensaio de Célula Atlas a 60° C, portanto, o uso do inibidor, com o método de aplicação por imersão e posterior tentativa de remoção com lavagem à baixa pressão, em condição de imersão à elevada temperatura não se mostrou eficiente dentro dos objetivos do estudo;

- b) É possível que a concentração do inibidor na superfície, devido ao método de aplicação utilizado, tenha sido elevada, e o posterior processo de lavagem da superfície utilizado não tenha sido eficaz para a total remoção do mesmo. Como o inibidor possui uma amina solúvel em água (informada na seção de composição do produto conforme FISPQ), por ter propriedade higroscópica, sugere-se que esta tenha atraído e retido água no filme, com consequente formação de bolhas na fase vapor;
- c) Será realizado um novo ensaio no laboratório, preparando painéis com aplicação do inibidor, com uma pressão mínima de 500 psi, na tentativa de garantir uma adequada aplicação e uniforme umectação dos picos e vales do perfil de rugosidade, uma vez que a composição do inibidor reduz a tensão superficial da água. Após 48 h em intemperismo, o removeremos da superfície de somente um dos painéis com água doce à alta pressão (3.000 psi) antes da aplicação do revestimento, e repetiremos o ensaio de Célula Atlas nestas condições.

Referências bibliográficas

- (1) Petrobras, **Tinta Epóxi Novolac**, CONTEC – Comissão de Normalização Técnica, N- 2912, 2011.
- (2) ASTM C 868-02:2012, **Standard Test Method for Chemical Resistance of Protective Linings**, ASTM, Philadelphia, USA(2015).
- (3) ISO, Paints and varnishes – **Pull-off test for adhesion**, ISO4624, Gêneve,2016.
- (4) ISO, Preparation of steel substrates before application of paints and related products
– Visual assessment of surface cleanliness – Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings, ISO8501-1, Gêneve, 2007.
- (5) ABNT, **Tintas – Determinação da espessura da película seca**, ABNT NBR 10443, Rio de Janeiro, CB-10 – Comitê Brasileiro de Química, Petroquímica e Farmácia,1988.
- (6) ISO, Paints and Varnishes, **Corrosion protection of steel structures by protective paint systems**, ISO12944-2:1998, Gêneve,2016.
- (7) SSPC VIS-4/NACE VIS 7 – **Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Waterjetting**.
- (8) ISO, **Extraction of soluble salts for analysis – The Bresle Method**, ISO8502-6, Gêneve, 1995.
- (9) ISO, Paints and Varnishes – **Evaluation of degradation of coatings** – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance, ISO4628, Gêneve,2000.
- (10) CLIVE, H. H. **Protective Coatings: Fundamentals of chemistry and composition**. 1. ed. Pittsburgh. Technology Publishing Company, 1994. v.1514p.
- (11) PaintSquare News Top Stories, **Lydia Frenzel Talks Waterjetting Challenges**, October 19, 2017.

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!

2020: um ano desafiador e extremamente digital

Resiliência e desafio foram palavras-chave para o ano de 2020. Mas, essa transformação também faz parte do vocabulário, afinal, pudemos observar o grande avanço na área de tecnologia e no mundo virtual.

Os meses que trouxeram incertezas, com isolamento social e adoção mais intensa do trabalho *homeoffice*, por exemplo, destravaram um aspecto de adaptação que existe em cada um de nós, criando um ambiente de interação com o universo digital.

A ABRACO, nesse cenário, precisou se reinventar para manter suas atividades com o mesmo grau de qualidade técnica e excelência que vem desempenhando nos últimos 50 anos. Durante esses meses atípicos, formamos diversos profissionais em várias áreas técnicas, promovemos debates, palestras, um encontro com inspetores certificados, o nosso tradicional Seminário Brasileiro de Corrosão Interna e Externa de Dutos e o Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva e avançamos com as tratativas de

parceria com o Institute of Corrosion (ICorr) da Inglaterra. Ampliamos o nosso time de professores, com participação internacional nos Cursos de Inspetor e não paramos por aqui. Toda diretoria e equipe da ABRACO se empenharam muito durante este ano de 2020. Prorrogamos o ICC INTERCORR, nosso maior congresso internacional, para julho de 2021 e, atualmente, enfrentamos o desafio de organizá-lo na forma digital.

Agradecemos aos nossos associados, parceiros, professores, alunos e clientes pela oportunidade de fazer parte da sua história e por contribuir para o sucesso. Esperamos que esta parceria continue ainda por muitos e muitos anos.

Agora, é tempo de olhar para trás e rever os planos que foram traçados, o caminho que foi percorrido, as metas e os objetivos que foram alcançados. É tempo também de olhar para a frente, refazer planos, vislumbrar novos horizontes, e abrir o coração para sonhar. Apesar de tudo, temos boas perspectivas para o próximo ano e estamos otimistas.

Que em 2021, possamos enfrentar juntos novos desafios e renovar as energias.

Em nome de toda diretoria e equipe da ABRACO desejamos:

Um Feliz Natal e um Próspero Ano Novo.

ABRACO em defesa do profissional brasileiro

A ABRACO promoveu ao longo destes anos diversos treinamentos, em especial, o Curso para Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Níveis 1 e 2, capacitando mais de 6.000 profissionais.

A ABRACO, conforme critérios estabelecidos na Norma ABNT NBR 15218 (2018), é um Organismo de Certificação de Pessoas (OPC) na área de Inspeção de Pintura Industrial pelo Sistema Nacional de Qualificação e Certificação em Corrosão e Proteção – SNQC-CP. A ABRACO é devidamente reconhecida na Norma Petrobras N-2941 e já certificou mais de 1.000 profissionais.

Ressaltamos que a ABRACO em conjunto com a ABENDI, ABRAMAN e FBTS, segue em defesa dos profissionais certificados pelos sistemas nacionais, tendo como diferencial a qualidade e o custo acessível que atende à realidade brasileira.

Consideramos importante salientar que a ABRACO permanece ao lado dos Inspetores de Pintura e luta pelo exercício da profissão destes.

Desde 1961

TINOCO ANTICORROSÃO

RECORDES EM PROTEÇÃO ANTICORROSIVA DE FLANGES E VÁLVULAS

- ✓ 7 anos de proteção anticorrosiva comprovada
- ✓ Aumento da vida útil dos ativos e redução dos custos com manutenção
- ✓ Revestimento à base de água e secagem rápida (ao toque)
- ✓ Alta elasticidade e boa aderência ao metal e concreto



TRANSPETRO - ARCEL (SUZANO)
7 ANOS E 9 MESES
(2012 - 2020)
C5 Corrosividade Muito Alta
ISO 12944-9:2018



PETROBRAS - RLAM (Refinaria Landulpho Alves-Mataripe)
6 ANOS
(2014 - 2020)
CX Corrosividade Extrema
ISO 12944-9:2018



BRASKEM - PE 2 / Polo Petroquímico do Camaçari - Bahia
5 ANOS
(2015 - 2020)
CX Corrosividade Extrema
ISO 12944-9:2018

+55 21 98117-4557 | +55 21 3553-1953 • mtinoco@tinocoanticorrosao.com.br • www.tinocoanticorrosao.com.br

Eleições 2021/2023 – ABRACO

Seguindo as determinações do Estatuto em vigor da Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO, no Capítulo III.7 - Da Composição da Diretoria Executiva - que determina que a Diretoria Executiva será composta de 1 (um) presidente, 1 (um) vice-presidente e mais 5 (cinco) diretores eleitos pelos Associados, mantendo indicação dos representantes deve ser respeitada a diversidade por área de atuação em corrosão e sua prevenção, ou seja, a relação de candidatos deverá ser constituída, no mínimo de um candidato das seguintes grandes áreas:

- a) Corrosão Atmosférica, Revestimentos Metálicos e Inorgânicos;
- b) Pintura Anticorrosiva e Revestimentos Orgânicos;
- c) Corrosão pelo Solo, pela Água e Proteção Catódica;
- d) Corrosão Interna, Inibidores de Corrosão, Biocorrosão e Monitoração da Corrosão;
- e) Materiais Resistente à Corrosão, pesquisa e Ensino da Corrosão.

O período de votação foi entre os meses de novembro à dezembro e a apuração dos votos foi realizada no dia 15 de dezembro de 2020. Os candidatos

escolhidos para compor a próxima Diretoria Executiva da ABRACO são:

Vice-presidente: *Neusvaldo Lira de Almeida* com 58 votos, não pertencente ao setor da próxima presidente *Dra. Zehbour Panossian*, como candidato no setor de Materiais Resistentes à Corrosão, Pesquisa e Ensino da Corrosão.

- Corrosão Atmosférica, Revestimento Metálico e Inorgânico: *Carlos Roberto Patrício*, com 57 votos.
- Corrosão pelo solo, pela Água e proteção catódica: *Danilo Natalio Sanchez*, com 57 votos.
- Corrosão Interna, Inibidores de Corrosão Biocorrosão e Monitoração da Corrosão: *Emílio Duarte Lana Júnior*, com 55 votos.
- Pintura Anticorrosiva e Revestimentos Orgânicos: *Diego Gonzalo Hita*, com 44 votos.

Finalizando, conforme o estatuto, estabelece-se que seja eleito um sócio individual:

- Pintura Anticorrosiva e Revestimentos Orgânicos: *Wilson Silvestre Rezende de Oliveira*, com 20 votos.

Para saber mais detalhes sobre as eleições, envie um e-mail para: eleicoes@abraco.org.br

NOTÍCIAS SOBRE CERTIFICAÇÃO

Encontro com profissionais certificados do SNQC-CP

No dia 08 de outubro de 2020, a ABRACO promoveu mais um encontro com profissionais certificados pela Associação, que contou com a presença de 132 participantes de forma virtual, dentre eles a Presidente, Dra. Olga Baptista Ferraz, os funcionários Ednilton Alves, Úrsula Moraes e Caroline Xavier, assim como inspetores de pintura industrial níveis 1 e 2. O encontro teve como objetivo principal promover a integração entre a ABRACO e os inspetores certificados pela Associação, através da apresentação das ações realizadas pela instituição e de demandas trazidas pelos inspetores.

Dentre os assuntos apresentados e discutidos no encontro estiveram os seguintes temas:

- a) revisão do processo de recertificação pelo método de crédito estruturado com a inclusão de pontuação em cursos de atualização, disponibilizados pelo Setor de Certificação;
- b) mudanças nos processos de qualificação e recertificação, dentre elas: término da exigência de cópia autenticada dos documentos e recebimento de documentação digitalizada;
- c) discussão sobre os requisitos de contratação adotados por algumas empresas;
- d) atualização da parceria que está sendo discutida entre a ABRACO e o ICORR (Institute of Corrosion).

Para mais informações, entre em contato com o Setor de Certificação da ABRACO.

Calendário de cursos 2021

EVENTO	DATA
NOVO! Curso Treinamento Preparatório online para provas de Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Nível 1	20 a 22 de janeiro (18h às 22h)
Curso para Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Nível 1 <i>Aula prática presencial: agendar diretamente com o Setor de Cursos após a inscrição.</i>	Parte teórica online: 01 a 24 de fevereiro (18h às 22h)
Curso Básico de Pintura Industrial (online)	25 e 26 de fevereiro (18h às 22h)
NOVO! Curso para Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Nível 2 (online)	08 a 22 de março (18h às 22h)
NOVO! Curso Técnico Teórico sobre Ensaios em Tintas Anticorrosivas - CETA (online)	11 e 12 de março (18h às 22h)
Curso para Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Nível 1 <i>Aula prática presencial: agendar diretamente com o Setor de Cursos após a inscrição.</i>	Parte teórica online: 05 a 28 de abril (18h às 22h) Não haverá aula no dia 21 de abril (feriado)
NOVO! Curso Básico de Novas Tecnologias de Abrasivos na Aplicação de Tratamento de Superfície (online)	07 a 09 de abril (18h às 12h)
Curso para Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Nível 1 <i>Aula prática presencial: agendar diretamente com o Setor de Cursos após a inscrição.</i>	Parte teórica online: 03 a 26 de maio (18h às 22h)
NOVO! Treinamento Técnico Teórico sobre Inspeção de Pintura - TTIP (online)	27 e 28 de maio (18h às 22h)
Curso para Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Nível 1 <i>Aula prática presencial: agendar diretamente com o Setor de Cursos após a inscrição.</i>	Parte teórica online: 07 a 30 de junho (18h às 22h)
Curso Treinamento Preparatório online para provas de Qualificação de Inspetor de Pintura Industrial Nível 1	09 a 11 de junho (18h às 22h)

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



VII Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva

O evento, promovido pela ABRACO, ocorreu no dia 9 de dezembro de 2020, no formato online, via Microsoft Teams.

Com aproximadamente 140 pessoas, o evento teve por objetivo reunir especialistas e demais profissionais para apresentar e discutir aspectos deste importante segmento como técnica na proteção de equipamentos e estruturas metálicas em geral.

O destaque da programação desta 7ª edição foi a oportunidade que os grandes usuários de diversos setores industriais tiveram de compartilhar suas experiências com o público do evento. Institute of Corrosion (ICorr), Weg Tintas, Jotun, Renner Coatings, Petrobras, Hita, Oceaneering, Wilson Sons e IPT difundiram seus cases e processos na área de pintura para uma plateia virtual entusiasmada, que participou ativamente desde a abertura até o encerramento do evento. Confira abaixo a programação do Seminário. O evento foi bem avaliado pelo público, que espera sua próxima edição em 2021.

Informações: eventos@abraco.org.br

Agradecemos a colaboração das empresas patrocinadoras do VII SBPA:

- Advance Tintas
- Hita/Belzona
- Institute of Corrosion (ICorr)
- Jotun Brasil
- Tinôco Anticorrosão
- Tintas Weg
- Reener Coatings

14:00	14:10	ABERTURA: Olga Ferraz - INT / ABRACO	
14:10	14:30	Convênio ABRACO-ICORR	Lucia Fullalove ICORR
14:30	14:40	Debate	
14:40	15:00	Planos Anticorrosivos de Tintas em Pó para Ambientes Agressivos	Claudio Rodrigues Martins Weg Tintas
15:00	15:10	Debate	
15:10	15:30	Quebrando Paradigmas	Evandro Rivera / Guilherme Prata Jotun
15:30	15:40	Debate	
15:40	16:00	Elaboração de procedimento para determinação do sólido por volume de tintas base de solvente pelo método extensor de 100um	Ricardo Menegotto Renner Coatings
16:00	16:10	Debate	
16:10	16:30	Transformação digital e controle da corrosão	Victor Solymossy Petrobras
16:30	16:40	Debate	
16:40	17:00	INTERVALO	
17:00	17:20	Proteção contra CSI sem parada operacional - Recuperação e revestimentos aplicáveis em temperaturas entre 5°C e 150°C	Pedro Hit Hita
17:20	17:30	Debate	
17:30	17:50	Planejamento e Otimização de Recursos para Manutenção de Pintura Offshore	Gil Fernandes Oceaneering
17:50	18:00	Debate	
18:00	18:20	Robótica apoiando a pintura dos costados de FPSOs	Andre Koebsch Petrobras
18:20	18:30	Debate	
18:30	18:50	Seleção de esquema de pintura offshore conforme ISO 12944	Robson Drysdale Wilson Sons
18:50	19:00	Debate	
19:00	19:40	Visão do mundo após pandemia	Zehbour Panossian IPT
19:40	19:50	Debate	
19:50	20:00	ENCERRAMENTO	



Seminário de Corrosão Interna e Externa de Dutos

Promovido pela ABRACO, O evento ocorreu nos dias 11 e 12 de novembro de 2020, no formato online, via Microsoft Teams.

Com cerca de 100 pessoas, o evento teve por objetivo apresentar uma visão holística dos desafios, demandas, soluções de mercado e tendências tecnológicas do setor, além de um debate sobre as necessidades e oportunidades de capacitação para os profissionais especializados que atuam na área.

Os temas foram debatidos com entusiasmo pelo público, com destaque para as discussões sobre integridade de dutos e monitoração da corrosão interna e externa, que, dentro deste contexto, possuem papel fundamental, pois ajudam a avaliar o grau destas ameaças e a efetividade das ações mitigadoras aplicadas, tais como tratamentos químicos (inibidores de corrosão, sequestrantes e biocidas) para a corrosão interna ou alterações nos parâmetros do sistema de proteção catódica, no caso de corrosão externa.

Confira ao lado a programação do evento e suas apresentações

Além das já mencionadas, o evento ainda contou com o patrocínio das seguintes empresas: ASELCO, LEMASA e o apoio da TRANSPETRO.

O Seminário foi bem avaliado pelo público, que espera sua próxima edição em 2021.

Informações: eventos@abraco.org.br

11 de novembro - Tema: Corrosão interna	
14:00 - 14:30	Abertura Olga Feraz - INT/ABRACO
14:30 - 15:10	A importância da segurança operacional na atividade dutoviária Marcelino Guedes - PIPELINEBRAZIL
15:10 - 15:40	Tecnologia não intrusiva para o monitoramento da corrosão interna Victor Gomes - Petrobras
15:40 - 16:10	Reabilitação de dutos através de liners internos Cristiane Xavier - Petrobras
16:10 - 16:20	Intervalo
16:20 - 17:00	Integração dos dados da monitoração da corrosão interna Carlos Alexandre - Transpetro / Pedro Altoé -Petrobras
17:00 - 17:40	Mesa-redonda Conversa com os palestrantes Moderadores: Carlos Alexandre / Pedro Altoé
17:40 - 18:00	Encerramento
12 de novembro - Tema: Corrosão externa	
14:00 - 14:30	Abertura Olga Feraz - INT/ABRACO
14:30 - 15:10	Avaliação e mitigação de SCC em dutos Alexandre Seewald - Petrobras
15:10 - 15:40	Correntes de interferência (AC/DC): monitoração e mitigação Mauro Barreto - IEC Engenharia
15:40 - 16:10	Falhas de revestimento e proteção catódica: como gerenciar Rodrigo Machado - TAG
16:10 - 16:20	Intervalo
16:20 - 17:00	Cuidados na instalação de furos direcionais Melina Almeida / Erick Barbosa Nunes / João Paulo Klausing Petrobras
17:00 - 17:40	Mesa-redonda Conversa com os palestrantes Moderador: João Paulo Klausing / Mauro Barreto
17:40 - 18:00	Encerramento



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

FISCHER DO BRASIL
www.helmut-fischer.com.br

FOX TREINAMENTOS E SERVIÇOS ON & OFFSHORE
www.foxtreinamentos.com

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.giatecsistemas.com.br

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

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

ICM METAIS
<http://site.icm.ind.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

PRINER SERVIÇOS INDUSTRIAIS S.A.
www.priner.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

Av. Venezuela, 27 • Sl. 412/418 • Centro • Rio de Janeiro • CEP 20081-311

(21) 2516-1962 • www.abraco.org.br

Facebook: facebook.com/abraco.oficial

LinkedIn: linkedin.com/in/abraco

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

Youtube: Associação Brasileira de Corrosão

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