

# Corrosão & Proteção

**ABRACO**  
Associação Brasileira de Corrosão

ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão



Ano 11  
Nº 50  
Jan/Fev 2014

**APORTE**  
EDITORIAL

## ENTREVISTA

*Zehbour  
Panossian,  
Diretora de  
Inovação do  
Instituto de  
Pesquisas  
Tecnológicas do  
Estado de São  
Paulo – IPT*

RESINAS SINTÉTICAS

# NA LINHA DE FRENTE CONTRA A CORROSÃO

Distribuidor Autorizado:



Excelência em soluções para pintura

## Inspeção e Medição



Pull Of Test  
PATTI QUANTUM



Medidor  
de Rugosidade Testex



Rugosímetro Digital



Dew Check  
4 series 2 DPM



Holiday Detector Seco



Kit Teste De Sais Bresle



Medidor de  
Camada Seca



Pente de  
Medição



Termômetro  
Infravermelho



Kit Teste De Poeira

## Pintura



Xtreme XM Airless  
Bicomponente Eletrônico



Xtreme XP Airless  
Bicomponente Mecânico



Triton  
Airpray



Xtreme NXT 70:1  
Airless

## Preparação de Superfícies



WS Hidro Clean System's



Hidraclean



SSP 11

[www.wsequipamentos.com.br](http://www.wsequipamentos.com.br)

(19) 3469.9889 - [ws@wsequipamentos.com.br](mailto:ws@wsequipamentos.com.br) - Americana - SP

**Diretoria Executiva – Biênio 2013/2014**

*Presidente*  
Eng. Rosileia Mantovani – Jotun Brasil

*Vice-presidente*  
Dra. Denise Souza de Freitas – INT

**Diretores**  
Aécio Castelo Branco Teixeira – QUÍMICA UNIÃO  
Eng. Aldo Cordeiro Dutra  
Cesar Carlos de Souza – WEG TINTAS  
M.Sc. Gutemberg de Souza Pimenta – CENPES  
Isidoro Barbiero – SMARTCOAT  
Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite  
Dra. Simone Louise Delarue Cezar Brasil

**Conselho Científico**  
M.Sc. Djalma Ribeiro da Silva – UFRN  
M.Sc. Elaine Dalledone Kenny – LACTEC  
M.Sc. Hélio Alves de Souza Júnior  
Dra. Idalina Vieira Aoki – USP  
Dra. Iêda Nadja S. Montenegro – NUTEC  
Eng. João Hipólito de Lima Oliver – PETROBRÁS/TRANSPETRO  
Dr. José Antonio da C. P. Gomes – COPPE  
Dr. Luís Frederico P. Dick – UFRGS  
M.Sc. Neusvaldo Lira de Almeida – IPT  
Dra. Olga Baptista Ferraz – INT  
Dr. Pedro de Lima Neto – UFC  
Dr. Ricardo Pereira Nogueira – Univ. Grenoble – França  
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ

**Conselho Editorial**  
Eng. Aldo Cordeiro Dutra – INMETRO  
Dra. Célia A. L. dos Santos – IPT  
Dra. Denise Souza de Freitas – INT  
Dr. Ladimir José de Carvalho – UFRJ  
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC  
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ  
Simone Maciel – ABRACO  
Dra. Zehbour Panossian – IPT

**Revisão Técnica**  
Dra. Zehbour Panossian (Supervisão geral) – IPT  
Dra. Célia A. L. dos Santos (Coordenadora) – IPT  
M.Sc. Anna Ramus Moreira – IPT  
M.Sc. Sérgio Eduardo Abud Filho – IPT  
M.Sc. Sidney Oswaldo Pagotto Jr. – IPT

**Redação e Publicidade**  
Aporte Editorial Ltda.  
Rua Emboacava, 93  
São Paulo – SP – 03124-010  
Fone/Fax: (11) 2028-0900  
aporte.editorial@uol.com.br



**Diretores**  
João Conte – Denise B. Ribeiro Conte

**Editor**  
Alberto Sarmento Paz – Vogal Comunicações  
redacao@vogalcom.com.br

**Repórter**  
Carlos Sbarai

**Projeto Gráfico/Edição**  
Intacta Design – julio@intactadesign.com

**Gráfica**  
Ar Fernandez

Esta edição será distribuída em fevereiro de 2014.

As opiniões dos artigos assinados não refletem a posição da revista. Fica proibida sob a pena da lei a reprodução total ou parcial das matérias e imagens publicadas sem a prévia autorização da editora responsável.



**4**

**Editorial**

*O desafio das próximas 50 edições*

**6**

**Entrevista**

*Uma vida dedicada à corrosão no IPT*

**8**

**ABRACO Informa**

*I Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva*

**12**

**Resinas Sintéticas**

*Na linha de frente contra a corrosão*

**19**

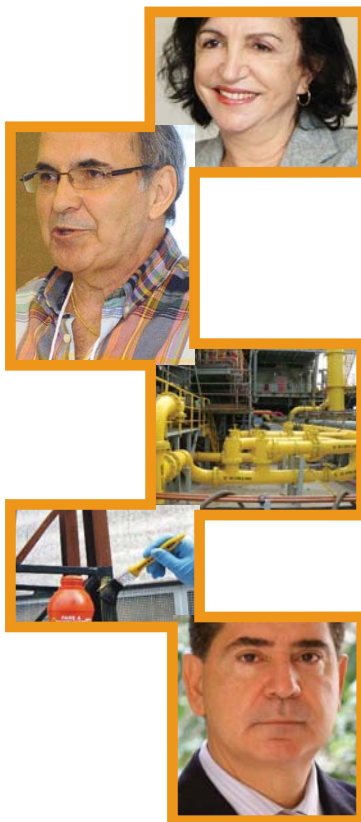
**Notícias do Mercado**

**34**

**Opinião**

*Mudança cultural para um novo Brasil*

*Juan Quirós*



**Artigos Técnicos**

**20**

*Estudo da corrosão em frestas de ligas de alta resistência à corrosão por meio de ensaios eletroquímicos*

*Por Cristiane Vargas Pecequilo, Zehbour Panossian, Renata Angelon Brunelli e Neusvaldo Lira de Almeida*

**28**

*Discussão sobre falhas em revestimentos ricos em zinco*  
*Por Sidney O. Pagotto Jr. e Neusvaldo Lira de Almeida*

## O desafio das *próximas* 50 edições

**E**STA EDIÇÃO COMEMORATIVA DA REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO, QUE COMPLETA 50 EDIÇÕES, NOS LEVA a uma reflexão sobre o papel de um veículo de comunicação voltado ao compartilhamento do conhecimento tecnológico. Como ferramenta de comunicação da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), a revista tem o compromisso de incorporar em sua linha editorial os valores e a filosofia de trabalho da entidade que é a de congregar toda a comunidade técnico-empresarial do setor.

Como difundir o estudo da corrosão e os seus métodos de prevenção e de controle sem contar com um eficiente instrumento de comunicação? Os profissionais da área necessitam atualização constante e conteúdo profundo, filtrado e avaliado por um corpo de colaboradores da mais alta competência e prestígio pela relevância profissional conquistada ao longo de suas atividades profissionais.

Para tanto, pesquisadores, mestres, doutores, professores formam o Conselho Editorial da Revista, além de entidades de pesquisa e profissionais de renome do setor que se dedicam de forma competente e abnegada a levar aos leitores os principais avanços tecnológicos no combate à corrosão.

O tema é desafiador e os números também. Há estudos confiáveis da *World Corrosion Organization*, EUA, estimando que os custos com a prevenção e o combate à corrosão correspondem a 2,8 % do Produto Interno Bruto (PIB) mundial, considerando-se apenas os custos diretos, algo em torno de 1,96 trilhão de dólares americanos, montante que justifica todo o empenho para minimizar custos tão elevados, superiores ao PIB de 176 países de uma lista de 184 nações, tendo como base o *ranking* do Fundo Monetário Internacional (FMI).

Podemos imaginar o quanto é desafiador o compromisso de todos nós: 1,96 trilhão de dólares são corroídos todos os anos, recurso capaz

de contribuir de forma significativa para suprir, por exemplo, a falta de escolas, alimentos, remédios, moradias e hospitais.

Estamos engajados para dar continuidade a ações cada vez mais efetivas que aprimorem o principal veículo de comunicação do setor de prevenção e combate à corrosão: a **Revista Corrosão & Proteção**. Alguém poderá questionar se os veículos *online* e as redes sociais não cumprem de forma mais eficiente esse papel de comunicação. Precisamos entender que recorremos aos *sites* de pesquisa somente quando estamos determinados a obter o conhecimento e/ou a adquirir um produto ou serviço. Por sua vez, a revista impressa ainda nos parece mais eficaz, pois induz o leitor ao interesse e ainda conta com o aval do refinamento do conteúdo, uma vez que toda informação é filtrada e validada. Então, mãos à obra, pois 50 novas edições aguardam o nosso empenho.

**Destaques** – Nesta edição, trazemos uma entrevista especial com a Doutora Zehbour Panossian, do IPT, contando um pouco de sua trajetória profissional na área de pesquisa e desenvolvimento. O tema “resinas” é apresentado a partir de apuração realizada com os fabricantes de resinas e também com os aplicadores, permitindo traçar um panorama bastante atual deste tema. Também o Seminário de Pintura, organizado pela ABRACO, merece destaque especial pela importância que o tema tem na área de proteção anticorrosiva.

Finalmente, vale lembrar que entre 19 e 23 de maio, a cidade de Fortaleza sediará o maior evento sobre corrosão que se realiza no Brasil, o INTERCORR 2014 – 34º Congresso Brasileiro de Corrosão e o 2<sup>nd</sup> *International Corrosion Meeting*. O evento será palco para a apresentação de conferências, mesas-redondas e trabalhos inéditos, reunindo a expertise mais representativa do setor. Participe e acompanhe a cobertura completa do evento nas próximas edições.

Boa leitura!

Os editores

“*Estamos engajados para dar continuidade a ações cada vez mais efetivas que aprimorem o principal veículo de comunicação do setor de prevenção e combate à corrosão: a Revista Corrosão & Proteção*”

**O maior evento internacional de  
corrosão realizado no Brasil**

# **INTERCORR** **ABRACO 2014**

**19 a 23 de maio de 2014**  
***Fortaleza – CE***

## **Eventos envolvidos**

- 34º Congresso Brasileiro de Corrosão
- 5<sup>th</sup> International Corrosion Meeting
- X Congreso Iberoamericano de Corrosión y Protección
- 19º Concurso de Fotografia de Corrosão e Degradação de Materiais
- 34ª Exposição de Tecnologias para Prevenção e Controle da Corrosão

**[www.abraco.org.br/intercorr2014](http://www.abraco.org.br/intercorr2014)**



**Inscrições  
até 1/3/2014 terão  
20 %  
de desconto**





Zebbour  
Panossian

## Uma *vida* dedicada à corrosão no IPT

*Zebbour Panossian, quando criança, tinha o sonho de ser médica para salvar vidas, mas teve que abandoná-lo para trabalhar ao lado da família e, depois de vencer muitos desafios, tornou-se diretora de Inovação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, o IPT*

**A** pesquisadora Zebbour Panossian possui bacharelado em Física (1975), licenciatura em Física (1977) e doutorado em Físico-química (1981), todos pela Universidade de São Paulo (USP). É pesquisadora do Laboratório de Corrosão e Proteção (LCP) desde 1976 e Diretora de Inovação, a partir de 2012, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, o IPT. É professora convidada da Universidade de São Paulo, atuando no Departamento de Metalurgia e de Materiais da Escola Politécnica desde 1985. Também é *vice-chairman* do Comitê STG 35 – NACE e representante do Brasil no *International Corrosion Council*. Integra o Conselho Deliberativo da ABNT e é consultora *ad hoc* do CNPq, FINER, FAPESP e CYTED. Tem experiência na área de química, com ênfase em eletroquímica, atuando principalmente em corrosão e proteção contra corrosão, eletrodeposição e tratamento de superfície. Coordena projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, dá assessoria em corrosão e proteção, especialmente na otimização de processos produtivos na área de tratamento de superfície, e presta serviços tecnológicos para o setor produtivo. Tem forte atuação em normalização na ABNT – CB 43

Comitê Brasileiro de Corrosão, tendo trabalhado na elaboração do projeto de norma “Terminologia em Corrosão”.

### Como surgiu o interesse pela corrosão?

**Zebbour Panossian** – *Quando cheguei ao Brasil, ainda pequena, vinda do Líbano por vontade de meu pai, sonhava em ser médica e trabalhar para as pessoas carentes, mas tive que deixar o sonho de lado para ajudar minha família e, aos 14 anos, já dava aulas particulares. Além disso, também ajudava meu pai na loja que ele tinha no bairro do Brás. Depois dessa fase, ao completar 18 anos iniciei minha carreira na indústria, na área de tratamento de superfície. Depois de me formar no curso técnico em química, cursei física na USP e quando concluí o curso já tinha seis anos de experiência profissional como técnica química. Foi quando apareceu uma oportunidade no IPT para trabalhar em eletrodeposição no Laboratório de Corrosão e Proteção.*

### Quais as dificuldades encontradas no começo da carreira?

**Zebbour** – *Eu me recordo que ao chegar na Metalurgia da Poli, em busca do mestrado, fui surpreendida ao ouvir que “Mulher e Física aqui não entra”, mas mesmo assim não desisti. Fui até o Instituto de*

*Química da USP, mas só poderia ingressar no curso se conseguisse passar no exame de ingresso. Passados seis meses, fui fazer o exame e com minha experiência educacional mais a profissional consegui passar em primeiro lugar. Então iniciei meu mestrado junto com o trabalho no IPT e, depois de dois anos, meu orientador disse que minha tese estava ficando muito boa e sugeriu que fizesse o doutorado direto e antes de completar 30 anos de idade já tinha meu diploma de doutora. Naquela época, era muito raro ser doutor com essa idade. Tive um casal de filhos que mudou minha vida, pois eles se tornaram a razão do meu viver. Logo depois assumi a chefia do Laboratório de Corrosão do IPT.*

### Quais foram os desafios dessa nova fase dentro do IPT?

**Zebbour** – *Acredito que o grande desafio era transformar aquele pequeno laboratório no que ele é hoje, com quase 40 profissionais e mais de 4.000 metros quadrados de área construída. Não foi nada fácil chegar até aqui. Tivemos muitos altos e baixos nesse tempo todo, mas atualmente somos conhecidos internacionalmente e recebemos pedidos de trabalhos de outros países. Estamos elaborando propostas de trabalho para atender duas empresas de óleo e gás da Europa, já fizemos outros trabalhos*

no exterior. Fazemos ensaios e análises, análise de falhas por corrosão, serviços tecnológicos para melhorar linhas de produção de revestimentos metálicos, de tintas, de sistemas de proteção catódica. Nossos esforços atualmente estão voltados para revestimentos ecologicamente corretos, incluindo a substituição do cianeto. Já fizemos um banho ecologicamente correto para o cobre e vamos fazer para o latão.

### **Existe algum projeto novo que mereça algum destaque?**

**Zehbour** – Estamos atuando fortemente na corrosão de armaduras na construção civil, voltadas para construções com vida útil superior a 100 anos ou que usam material cimentício de qualidade inferior. Trabalhamos com barras de aço galvanizado e barras de aço inoxidável. Iniciamos um projeto financiado pelo próprio IPT que objetiva o estudo de aços inoxidáveis, tanto os tradicionais como o lean duplex. Não faz muito tempo recebemos investimentos de cerca de 17 milhões de reais da Petrobras para modernização do Laboratório. Com esse aporte, fizemos melhorias na infraestrutura e adquirimos uma série de equipamentos dedicados não só ao setor de óleo e gás, mas também a outras áreas. Por conta disto, temos atuado fortemente neste setor e somente para ele desenvolvemos mais de 50 projetos, a maioria voltada para a integridade de dutos e equipamentos. Também é importante destacar o grande volume de publicações técnicas que produzimos. Desde a inauguração, em 1963, o pessoal do Laboratório já publicou mais de 400 artigos, a grande maioria no País e sempre objetivando divulgar o nosso trabalho para o setor produtivo nacional. Participamos regularmente de congressos, inclusive dos internacionais, para tornar marcante a presença do IPT. Nossa participação faz crescer

o interesse das empresas estrangeiras que estão nos procurando para a realização de diversos trabalhos. Isso é motivo de muito orgulho para nós e mostra que estamos no caminho certo.

### **O que mudou no IPT?**

**Zehbour** – Em 2014, o IPT vai completar 115 anos de existência e o Laboratório, 51. O Laboratório de Corrosão e Proteção foi fundado pelo professor Dr. Stephan Wolynec, a quem considero um grande visionário. O professor foi uma referência profissional para mim e tudo o que aprendi foi com ele. Wolynec me confiou a disciplina de “Mecanismos de eletrodeposição de metais” do curso do pós-graduação do Departamento de Metalurgia e Materiais da Escola Politécnica da USP, onde ministro esta disciplina há 24 anos como professora-convitada. Ele teve a percepção da importância do estudo da corrosão no Brasil. Hoje, o grupo que atua no Laboratório colhe os frutos da semente que ele plantou. Sou a atual diretora de Inovação do Instituto e sigo a filosofia do professor Wolynec, que sempre associou ciência à tecnologia.

### **Quais as novidades para este ano no IPT?**

**Zehbour** – Vamos receber em fevereiro a primeira turma de alunos do programa Novos Talentos do Instituto. O objetivo do programa é apoiar as atividades de pesquisa e desenvolvimento de estudantes de mestrado e doutorado, inclusive participantes do pós-doutorado. Além dos alunos do curso de mestrado tecnológico do próprio IPT, o programa foi aberto para candidatos das demais instituições de ensino e pesquisa. Há diversas formas de apoio previstas pelo programa Novos Talentos. Nosso objetivo é proporcionar os recursos e os meios para que os alunos desenvolvam

seus trabalhos na nossa instituição. O requisito é que os projetos dos alunos tenham sinergia com as áreas de atuação do IPT. O objetivo maior do programa é estreitar as relações do Instituto com a Academia. Também vamos lançar as regras oficiais para os profissionais do IPT que queiram fazer mestrado ou doutorado. Vamos dar continuidade ao Programa de Estímulo à Inovação e à Produtividade Tecnológica que tem por objetivo premiar o profissional que tiver o maior número de artigos publicados, para quem desenvolveu patentes e para grupos com maior faturamento em P&D, entre outros. Temos ainda os projetos de capacitação dos profissionais do IPT financiados pelo Governo do Estado de São Paulo, o programa de estágio no exterior com o prazo máximo de oito meses, sempre lembrando que todos os temas devem estar relacionados com as áreas de atuação do Instituto. Vale destacar ainda que também recebemos pesquisadores estrangeiros. Em 2013, só no LCP foram recebidos um da França, dois da Alemanha e três de Portugal. Para esse ano, temos programado o intercâmbio com mais um da Alemanha e três de Portugal. Isso nos mostra que para os laboratórios que atuam em normalização, participam de congressos, têm forte interação com a indústria e um cunho acadêmico, o sucesso é garantido. Voltando ao IPT, no ano passado batemos recorde de faturamento, depositamos 11 patentes e publicamos cerca de 230 artigos. Meu maior desejo é continuar trabalhando para o crescimento do IPT, tornando-o uma instituição reconhecida mundialmente. Quero ver os universitários que estiverem se formando tendo o sonho de trabalhar no IPT. Deixo registrada a felicidade que tenho pelo meu casal de filhos e o orgulho de ser casada com um grande pesquisador do IPT, Neusvaldo Lira de Almeida.

## I Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva



*Mesa-redonda, da esquerda para a direita: Fernando de Loureiro Fragata, Celso Gnecco, Joaquim Quintela, Roberto Mariano, Segehal Matsumoto, Adauto Riva e Fábio Krankel*

A Associação Brasileira de Corrosão – ABRACO realizou no dia 5 de dezembro de 2013, no hotel Golden Tulip Regente, em Copacabana, no Rio de Janeiro, o “I Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva”. A cerimônia de abertura e de encerramento do evento foi realizada pelo engenheiro Aldo C. Dutra, um dos pilares mais importante na vida da ABRACO.

“A ideia do Seminário foi discutir os avanços tecnológicos de grande relevância técnica neste setor, com a participação de profissionais de várias empresas, fabricantes de tintas, institutos de pesquisa, universidades, aplicadores de tintas, entre outros especialistas”, explicou o mediador do evento Fernando de Loureiro Fragata.

Para Fragata esse seminário foi a materialização de uma ideia que já tinha sido concebida. “O resultado foi um sucesso em função não apenas por conta dos trabalhos publicados, mas principalmente por causa da quantidade de pessoas que participaram do seminário. Inclusive o auditório estava com sua capacidade esgotada. Vale ressaltar que muitos queriam participar e não puderam devido a falta de vagas. Isso mostra a grandiosidade técnica do evento”.

Marcelo Rufo, da Air Products, abriu o ciclo de palestras com um trabalho no qual abordou o tema Exsudação Amínica em Tintas Epóxis. Dentro de sua palestra falou sobre a importância de se conhecer esse fenômeno, como evitá-lo, as consequências e o efeito nefasto que o mesmo acarreta aos revestimentos por pintura. Rufo também apresentou os mecanismos para evitar que essa falha ocorra na pintura e sobre as novas tecnologias que estão sendo implantadas para evitar que esse problema ocorra.

Logo depois foi a vez de Osmar Dresdi, da Replan/Petrobras analisar os benefícios e as dificuldades na preparação de superfícies metálicas de tanques de armazenamento. Ainda sobre a experiência da Petrobras na utilização de tintas intumescentes em plataformas, Gilberto Laudares Silva e Álvaro Terra, trocaram informações com o público presente. O tema seguinte foi sobre equipamento de jato abrasivo portátil para preparação de superfícies nos serviços de manutenção, apresentado por Ricardo Lorizzola, da RC Tintas.

O encerramento da primeira parte do evento ocorreu com uma das palestrantes mais esperadas do dia, com o engenheiro Joaquim Pereira Quintela, da Petrobras/Cenpes, sobre o passado, o presente e o futuro das tintas anticorrosivas e as novas tecnologias para o setor de pintura anticorrosiva. Ao final de sua participação, Quintela recebeu uma grande homenagem da empresa Sponge-Jet pela sua luta ao





*Quintela recebe uma homenagem da empresa Sponge-Jet*

longo dos anos no segmento de tintas anticorrosivas, de pintura anticorrosiva e de combate à corrosão. “Eu achei uma homenagem mais do que justa para um pesquisador que já escreveu seu nome na história da pintura anticorrosiva, nos cenários nacional e internacional”, comentou Fernando Fragata, seu grande amigo há mais de 30 anos.

Na sequência dos trabalhos, foi a vez de Fábio Paranhos, da Mac Seal, falar sobre a segunda parte do tema “Equipamentos de Jato Abrasivo Portáteis” para preparação de superfícies nos serviços de manutenção. Em seguida, coube a Roberto Mariano, da Akzo Nobel, a apresentação da palestra sobre a especificação de esquemas de pintura com base em normas internacionais.

Um dos pontos altos do seminário ocorreu durante a mesa redonda, que serviu para discutir temas importantes da pintura anticorrosiva no Brasil e reuniu grandes nomes como Celso Gneco, da Sherwin-Williams; Joaquim Quintela, da Petrobras/Cenpes; Fernando Fragata, do Cepel; Roberto Mariano, da Akzo Nobel; Segehal Matsumoto, consultor; Adauto Riva, da Renner Herrmann; e Fábio Krankel, da Weg Tintas.

“O tema principal da mesa redonda foi o grau de limpeza SP11 na norma SSPC. Um dos pontos amplamente debatido foi se no Brasil deveria ser aceito ou não a utilização de pistola de agulha como ferramenta principal para obtenção do referido grau de limpeza. Além disso, representantes da Petrobras informaram que a intenção da empresa é abolir os graus de limpeza St2 e St3, fato esse bastante discutido no Seminário. Como resultado, surgiram várias ideias a serem trabalhadas para futura implantação, sendo que uma delas é a elaboração de uma norma brasileira para contemplar o grau de limpeza SP11, porém fazendo-se as



*Simone Maciel, coordenadora do evento, dirigiu os trabalhos de apresentação da cerimônia*



*A plateia acompanhou com muito interesse o programa do seminário*

alterações necessárias para que a mesma alcance o objetivo desejado no Brasil”, comentou o mediador Fernando Fragata.

A palestra de encerramento foi apresentada de forma conjunta por Celso Gnecco e Fernando Fragata. Essa palestra teve como objetivo mostrar para a comunidade técnico-científica as propriedades das tintas de acabamento poliaspárticas de forma comparativa com as tintas tradicionais à base de poliuretano alifático. Segundo os palestrantes, trata-se de uma tecnologia muito importante uma vez que tais tintas possuem alto teor de sódio, baixa viscosidade e permite a obtenção de altas espessuras por demão, o que pode tornar o sistema de proteção anticorrosiva mais econômico e eficiente e ser executado de forma mais rápida.

No encerramento do evento, Fernando Fragata destacou que os objetivos foram plenamente alcançados. O alto nível das palestras e a intensa discussão dos temas apresentados foram os pontos fortes do seminário.

Celso Gnecco destacou a iniciativa de Fernando Fragata ao valorizar os Inspetores de Pintura níveis 1 e 2 que a ABRACO vem formando ao longo dos anos. Estes profissionais merecem respeito pelos bons serviços prestados ao país. Ainda sobre o Seminário, Celso sugere que os próximos sejam semestrais, pois os temas a serem debatidos são muitos, a evolução das tintas, das técnicas de preparo de superfície e dos equipamentos de pintura é muito rápida e não dá para esperar um ano para realizar o próximo evento. Em sua opinião, os próximos Seminários deveriam ter a duração de dois dias.

Segundo Simone Maciel, Coordenadora de Eventos da ABRACO, o sucesso do Seminário se deu devido a escolha correta das palestras apresentadas, a qualidade e o alto nível técnico dos palestrantes, o apoio dos patrocinadores, a participação dos presentes na discussão dos trabalhos e por fim a metodologia utilizada na organização.



*Confraternização entre dois ícones da Abraco, Fernando de L. Fragata e Aldo C. Dutra*

# 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!***



# Na linha de frente *contra* a corrosão

*Aplicáveis em diversas áreas, as resinas sintéticas são a “alma” de uma tinta e têm importância vital quando o assunto é proteção anticorrosiva*

*Por Alberto Paz*

**A** resina sempre esteve presente na história da humanidade. Até na Bíblia, podemos verificar a alta estima que gozavam resinas vegetais como o incenso e a mirra. Sem falar do âmbar, resina de árvore fossilizada mais conhecida, talvez, por ter se tornado uma verdadeira cápsula do tempo ao “capturar” e preservar desde folhas até pequenos animais em seu interior (*veja a figura da abertura da matéria*).

Hoje, as resinas continuam a fazer parte de nosso dia a dia. A ciência conseguiu produzi-las artificialmente, tornando-as quase onipresentes em nossa vida. Assim, podemos encontrá-las em todos os objetos plásticos e até onde menos esperamos como, por exemplo, nas cordas de instrumentos musicais, como o violino, melhorando a fricção da corda com o arco. Mas, o que traz o tema para a **Revista Corrosão & Proteção** é sua atuação como elemento chave para a proteção anticorrosiva. As resinas sintéticas são polímeros amplamente usados, na forma de soluções ou dispersões, na produção de tintas e adesivos, sendo o principal constituinte de uma tinta por ser a responsável pela formação da película protetora.

Portanto, a maioria das propriedades físico-químicas de uma tinta depende basicamente do tipo de resina empregado em sua produção. Também é importante citar que, dos componentes básicos de uma tinta (resina, solvente, pigmento e aditivos), é a resina que propiciou nos últimos anos a grande evolução ocorrida no desenvolvimento técnico das tintas, principalmente para torná-las de baixo impacto ambiental.

Para traçar um panorama sobre o setor, foram consultados especialistas que foram divididos em duas categorias: os fabricantes de resinas e os aplicadores de revestimento de alto desempenho. Por terem, em boa parte da etapa produtiva, situações operacionais, de desenvolvimento, de inovação, entre outros pontos, bastante distintos, optou-se por essa separação objetivando uma abordagem mais precisa e interessante para os leitores.

## Fabricantes de resinas

Foram consultados nesta seção o gerente da unidade de negócios CAS (Tintas, Adesivos e Especialidades) para a América Latina da Bayer MaterialScience, Alberto Hassessian; a especialista técnica do negócio epóxi da Dow na América Latina, Juliana Serafim; e o gerente

de vendas e *marketing* da Huntsman, Ronny Konrad.

Eles abordaram como as resinas atuam para a proteção contra a corrosão, a preocupação de tornar as linhas de produção mais limpas, a posição do mercado brasileiro em relação aos outros países e inovações no setor.

“Os polímeros são a ‘alma’ de uma tinta. São eles que determinam o processo de secagem, a forma de aplicação, a camada e a maior parte das características finais do revestimento aplicado. Hoje em dia, existem várias tecnologias que atuam como base para os revestimentos anticorrosivos, tais como poliuretano e epóxi, ambos com funções nas etapas de pintura”, sentencia Alberto Hassessian.

Ele explica que, inicialmente, os polímeros devem ter excelente aderência no substrato, protegendo-o das ações das intempéries e de todos os elementos que possam iniciar um processo oxidativo.

“As resinas são fornecidas às indústrias de tintas e vernizes que produzem os revestimentos por meio de fórmulas desenvolvidas em seus próprios laboratórios, adicionando pigmentos, cargas, aditivos e solventes para posteriormente entregar a tinta a ser aplicada nas indústrias produtoras de equipamentos e estruturas metálicas”, diz Hassessian.

Juliana Serafim comenta ainda que as resinas epóxis podem ser utilizadas em diversos tipos de formulação de tintas anticorrosivas. “Podem ser produzidas tintas líquidas de manutenção e

proteção industrial, para ambientes de diferentes níveis de agressividade e corrosividade; também tintas em pó para uso em linha branca e outras aplicações mais críticas como pintura com epóxi termo-fundido (*fusion bonded epoxy*) de tubulações enterradas ou submersas. Outras aplicações incluem as indústrias de embalagens metálicas e também automotiva original (OEM)”.

Ela argumenta também sobre a ação dos agentes de cura. Eles podem ser de diferentes tipos, como poliamidoaminas, aminas alifáticas e cicloalifáticas, contribuem de maneira importante no desempenho da tinta anticorrosiva, complementando as propriedades de aderência, velocidade de secagem e cura e resistência química necessárias a esse tipo de tinta, por exemplo.

“A resina epóxi e o agente de cura de uma formulação convencional de tinta anticorrosiva reagem entre si quimicamente de maneira irreversível formando

um novo polímero, que é termofixo. Esse polímero formado apresenta grande interação com o substrato resultando em excelente aderência sobre o metal a ser protegido, além de excelente propriedade de barreira e resistência química derivada da composição do filme polimérico e também das ligações cruzadas (*crosslinking*) obtidas após a reação química entre resina epóxi e agente de cura. Essas características – aderência, composição e barreira – fazem da tinta epóxi aplicada e curada uma excelente barreira contra agentes externos (umidade, maresia, produtos químicos) retardando a ação deles sobre o metal e, assim, protegendo-o contra a corrosão”, explica Juliana.

Ronny Konrad amplia a abordagem e comenta que os sistemas epóxi, ou seja, a combinação de uma resina epóxi e um agente de cura, são comumente utilizados como veículos/ligantes na formulação de revestimentos na proteção contra a corrosão. “As resinas epóxi são produzidas através da reação dos componentes bisfenol A ou F e a epícloridrina e variando seu peso molecular com maior adição de bisfenol A ou F podemos produzir diversos tipos de resina epóxi que possuem propriedades distintas, por exemplo: resina epóxi do bisfenol A com menor peso molecular é utilizada na formulação de revestimentos líquidos, se aumentarmos o peso molecular desta mesma resina com adição de bisfenol A em sua estrutura, alteramos suas propriedades e se apresenta como uma resina sólida em seu estado físico, utilizada na fabricação de FBE (*fusion bonding epoxy*) aplicada como revestimento contra a corrosão em gasodutos”, diz Ronny.

O especialista ainda comenta que o maior desafio para os sistemas epóxi é a degradação do filme causada pelos raios ultravioleta (UV). “Um sistema epóxi que combina todas as suas excelentes propriedades de adesão, resistência química, térmica e mecânica e com resistência aos raios UV seria um produto imbatível na proteção contra a corrosão”.



Foto: Tinóco Anticorrosão

A respeito da confecção de produtos que tenham menor impacto ambiental, as resinas apresentaram algumas inovações nos últimos anos tanto em sua aplicação quanto em seu próprio processo de produção.

Segundo Hassessian, da Bayer e formado em química industrial e engenharia química, há duas vertentes para revestimentos ambientalmente compatíveis: sistemas base água e sistemas de elevado teor de sólidos, que são caracterizados por baixo VOC (componentes orgânicos voláteis). “A Bayer possui essas duas tecnologias, mas em geral, quando se busca uma alta produtividade devido ao processo de secagem rápida e de alta camada, os poliuretanos e os poliaspárticos atendem aos requisitos de produtos ecologicamente corretos. O grande desafio está na conscientização de que o custo de um revestimento não está ligado somente ao preço do litro da tinta, mas sim quanto ao custo do metro quadrado aplicado, que pode ser reduzido com a tecnologia poliuretânica e poliaspártica”, comenta Hassessian, lembrando que a Bayer, como a inventora da tecnologia de poliuretano, é especializada neste segmento também com a tecnologia de poliaspárticos e, em sua grande parte, como acabamento, devido à sua alta resistência aos raios UV.

Juliana explica, em linhas gerais, as principais preocupações na produção de resinas epóxi em relação ao meio ambiente. “Seguindo a tendência mundial de busca por produtos de menor impacto ambiental, muitos formuladores e também usuários finais da cadeia de tintas têm se preocupado em reduzir em suas tintas a quantidade de solventes considerados ambientalmente agressivos, partindo para formulações com níveis mais altos de sólidos. Outra opção que vem sendo desenvolvida pelo mercado são as tintas epóxi base água, que apresentam desempenho semelhante às tintas base solvente em algumas aplicações, porém com impacto menor na saúde e no meio ambiente”, diz a especialista da Dow, que é mestre em engenharia química.

### Hoje e amanhã

Os especialistas também comentaram como está o Brasil neste mercado, tanto quanto à produção ambientalmente mais correta quanto à qualidade e desempenho das resinas, em relação aos países mais industrializados. Segundo Ronny Konrad, “atualmente não utilizamos matérias primas renováveis na fabricação de resinas epóxi e um dos principais fatores que não coloca o Brasil como um forte produtor de resina epóxi é a dependência da importação de sua matéria prima, por exemplo, não existe no Brasil e na América do Sul nenhum produtor de epícloridrina. Referente à qualidade e ao desempenho das resinas, o Brasil

está no mesmo nível dos países mais industrializados”.

Exclusivamente em termos de qualidade e desempenho das resinas, segundo Juliana Serafim, o Brasil se encontra em posição similar aos países mais industrializados, como Estados Unidos e Europa, oferecendo produtos de altíssima qualidade para os fabricantes de tintas. “Em alguns segmentos de mercado, como tintas anticorrosivas para petróleo & gás, o Brasil encontra-se bastante avançado comparado a outros países, com tintas de alto teor de sólidos e até sem solventes, formuladas com resinas e agentes de cura de baixa viscosidade. Porém, na maioria dos segmentos, as tintas sem solvente e principalmente as de tecnologia base água estão em fase de amplo desenvolvimento e implementação, enquanto na Europa, por exemplo, as tintas à base de água já são largamente utilizadas”, avalia Juliana.

Ainda sobre a posição do Brasil em relação aos países mais industrializados, Alberto Hassessian comenta que, ao longo dos últimos anos, falou-se cada vez mais de produtos com alto teor de sólidos ou mesmo isentos de solventes, que apresentam baixo dano ao meio ambiente. “No entanto, ainda há muito que avançar neste campo. É necessário estabelecer uma verdadeira força tarefa, incluindo os fabricantes de tintas, fornecedores de matérias primas e de equipamentos de

## Elastômero Securit 2®

Tecnologia pioneira e líder. Agregando valor na proteção anticorrosiva de flanges e válvulas.

**TINOCO**  
**ANTI CORROSÃO**



Tel.: +5521 2215-4760 • Fax: +5521 2215-4759 • [tinoco@tinocoanticorrosao.com.br](mailto:tinoco@tinocoanticorrosao.com.br) • [www.tinocoanticorrosao.com.br](http://www.tinocoanticorrosao.com.br)

pintura, usuário-final, aplicadores, especificadores e outros, para que se estabeleçam critérios que visem atender às necessidades de proteção do substrato e do meio ambiente”, argumenta.

Finalmente, sobre a possibilidade de inovações no segmento, Ronny Konrad comenta que os sistemas epóxi estão sempre em evolução para atender as demandas dos usuários, principalmente no que se refere aos agentes de cura do sistema epóxi. “Os sistemas epóxi hoje oferecem maior tempo de aplicação com menor tempo de cura, maior aderência em substratos úmidos, maior resistência química e térmica. Porém, as exigências nas aplicações são inúmeras e nos proporciona um excelente campo de pesquisa para inovação de nossos produtos, como sistemas com versatilidade combinando alta resistência química, térmica, alta velocidade de cura e aderência em substratos úmidos, sistemas epóxi com resistência a degradação causada pelos raios UV, entre outras questões”.

Já Hassessian acredita que as inovações devam acontecer a partir da propagação e especificação de sistemas de baixo VOC e de alta camada. “Somente então poderemos verificar o aumento de sistemas de novas tecnologias”.

### **Aplicadores de revestimentos de alto desempenho**

A Revista *Corrosão & Proteção* consultou quatro empresas que desenvolvem e fabricam revestimentos anticorrosivos. A Polinova, empresa nacional localizada no Rio de Janeiro, por exemplo, anuncia a oferta de cerca de 60 produtos para a proteção e manutenção de equipamentos industriais, como tanques de armazenamento de petróleo ou de produtos químicos e máquinas de processamento de minérios.

Segundo Fábio Barcia, sócio-fundador e diretor técnico da empresa, a resina epóxi é um dos polímeros mais versáteis, pois possibilitam desenvolver produtos com diferentes características físicas – viscosidade e dureza. “Na composição de revestimentos, a resina epóxi atua como barreira física entre o substrato metálico e o agente corrosivo”, comenta. Para ampliar a proteção, Barcia informa que são incorporados aos produtos formulações de pigmentos anticorrosivos. “Também incorporamos cargas cerâmicas, metálicas e minerais a fim de desenvolver produtos para recuperação de equipamentos desgastados e danificados pela ação do tempo de uso”.

Empenhada em ampliar o portfólio de soluções em sistema epóxi, a Polinova possui projeto em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), financiado pela FINEP, para desenvolver uma nova família de revestimentos e massas epóxi contendo nanotubos de carbono e resinas nanomodificadas, e os primeiros resultados mostraram um desempenho entre 20 % e 30 % superior aos produtos disponíveis no mercado nacional.



Foto: Tapmatic do Brasil



Além de inovar em produtividade, a empresa também está de olho na produção limpa. “Dos 60 produtos disponíveis somente dois contém solventes”, comenta Barcia, formado em Química e mestre e doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros.

A Tapmatic do Brasil, fabricante dos produtos Quimatic, uma empresa 100 % nacional ligada às congêneres dos Estados Unidos e da Suíça para o desenvolvimento de novos produtos para atender o mercado de especialidades químicas, para manutenção e produção industrial, tem uma linha específica de revestimento epóxi. São, no total, 11 produtos para atender as diferentes demandas do usuário final.

Localizada em Barueri, a região da Grande São Paulo, a empresa informa que seus revestimentos de alto desempenho, fabricados à base de resina epóxi polimerizada com agentes de cura, são voltados para a recuperação e proteção por barreira para superfícies metálicas e de concreto contra a corrosão por agentes químicos agressivos e corrosão por solicitações mecânicas (cavitação, erosão e abrasão). Assim, protegem bombas, tanques, silos, válvulas, tubulações, estruturas metálicas, entre outros equipamentos.

Segundo a empresa, todos os produtos da linha de revestimentos epóxi têm certificados de desempenho emitidos por laboratórios independentes, e salienta a importância do laboratório próprio para atuar constantemente na evolução e aprimoramento dos produtos, além de buscar soluções pontuais para o mercado brasileiro.

A TecnoFink, localizada em Belo Horizonte (MG), é uma empresa especializada em manutenção industrial, oferecendo soluções e produtos para diversas situações, dentre elas para proteção contra a corrosão, manutenção e limpeza industrial. Quanto às aplicações dos produtos à base de resina, Emerson Paula, gerente comercial da empresa, explica que as aplicações são para aumentar a vida útil dos equipamentos, assim como reparos e revestimentos em tanques, tubulações, bombas, estrutu-

ras, entre outros. “Os materiais usados são fabricados pela alemã Multimetall, e são polímeros metálicos e cerâmicos bicomponentes com base epoxídica para a conservação de metais e ligas em plantas, estruturas e componentes”.

Segundo Emerson, os produtos podem ser aplicados em fratura, em condições críticas de desgaste, corrosão, cavitação, com exigências térmicas e químicas, podendo os componentes metálicos serem tratados de forma preventiva e corretiva. “São produtos inovadores, desenvolvidos na Alemanha com tecnologia avançada. São altamente resistentes quimicamente mesmo em altas temperaturas com foco em aderência extrema e atuando como barreira de proteção”, argumenta.

É a aderência que Emerson cita como grande diferencial. “Os polímeros metálicos podem aderir diretamente em superfícies contaminadas com hidrocarbonetos, petróleo bruto e todos seus derivados, mesmo com va-

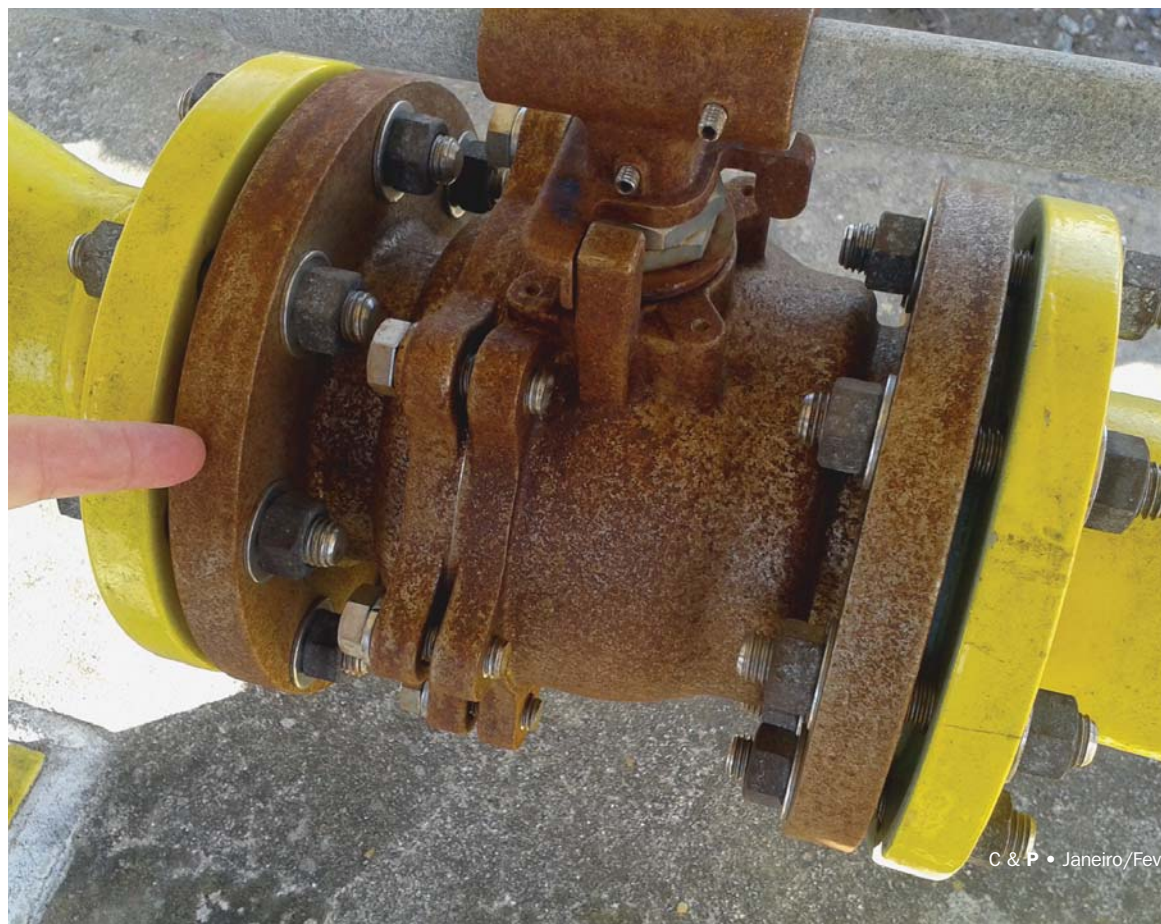


Foto: Tinóco Anticorrosão

zamentos ativos. Temos também no portfólio, produtos compatíveis que aderem em superfícies úmidas e até submersas de água”, exemplifica.

Outro ponto importante, segundo o gerente comercial da empresa, é a produção limpa. “Atualmente a preocupação ambiental é condição mercadológica de sobrevivência empresarial e, dessa forma, estamos sempre alinhados para atuar atendendo essa demanda”.

Com sede no Rio de Janeiro, a Tinôco Anticorrosão atua, desde 1961, no desenvolvimento de tecnologias que visam reduzir o custo de manutenção. “Para proteção anticorrosiva de condições especiais e equipamentos considerados críticos desenvolvemos um inovador revestimento elastomérico, à base de água, monocomponen-

te, de fácil aplicação e elevado desempenho em ambientes corrosivos, como atmosferas marinhas e poluídas”, diz Marcelo Tinôco, sócio-gerente da empresa.

O revestimento atua na proteção anticorrosiva de equipamentos críticos, tais como flanges, válvulas, frestas, parafusos, porcas, cantos vivos, grampos e junções de materiais dissimilares. Tinôco pontua que a solução já foi testada em operações muito críticas como nas plataformas de produção *offshore* da Petrobras (UO-BC e UO-Rio), plantas petroquímicas da Braskem, na Siderúrgica ArcelorMittal, em terminais da Transpetro e Petrobras Gás & Energia, e em minas de potássio (Sergipe) e de fosfato (Peru) da Vale. “Temos resultados de sete anos de bom desempenho, sem corrosão, conforme evidenciado nas plataformas UO-BC”, reforça Tinôco.

A empresa informa que os resultados positivos fizeram alguns clientes optarem, em 2013, pelo uso do seu revestimento elastomérico na fase de construção e montagem de novas plantas industriais, não mais apenas na fase de manutenção. Esses são os casos da Vale Peru, Basf e MPX/Eneva.

O desafio atual a que se propôs a empresa é garantir dez anos sem corrosão nos flanges e válvulas das novas plataformas e navios da Petrobras. “O objetivo é atingir a garantia contratual de dez anos sem corrosão, o que resultará em uma relevante redução de custos com manutenção e pintura para a Petrobras”, conclui Tinôco.

*Os editores agradecem a colaboração do engenheiro químico e consultor Fernando de Loureiro Fragata na elaboração desta matéria.*

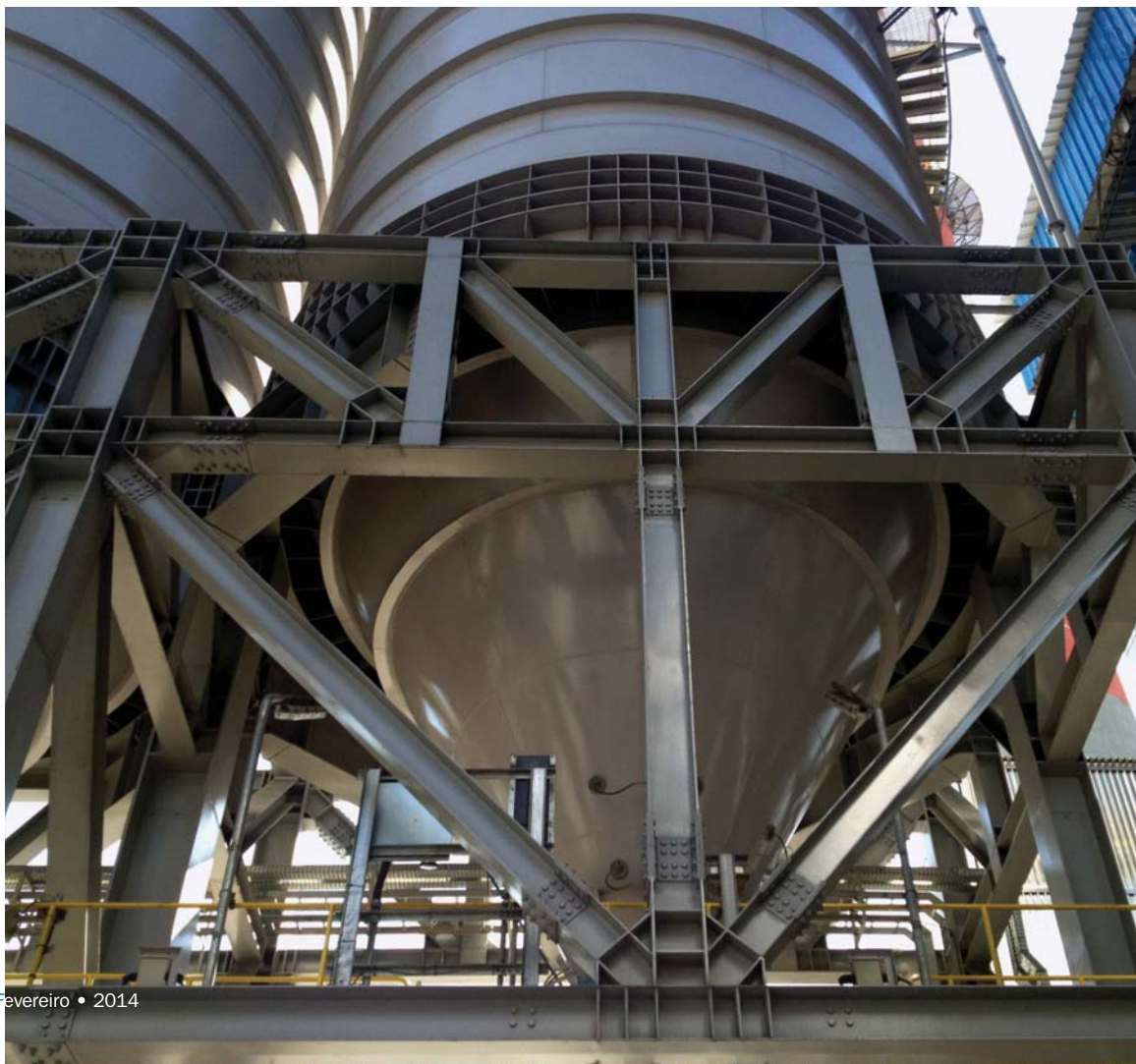


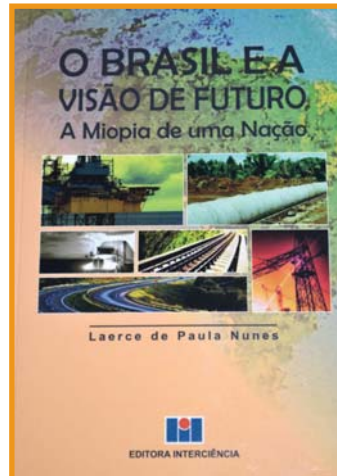
Foto: Tinôco Anticorrosão

## Ex-presidente da ABRACO lança livro

O engenheiro Laerce de Paula Nunes, especializado em corrosão e deterioração de materiais e ex-presidente da ABRACO, lançou o livro **O Brasil e a visão de futuro: a miopia de uma nação**, pela Editora Interciência. Esta é a primeira incursão de Laerce de Paula em livros não técnicos. Anteriormente, já havia publicado cinco livros técnicos: Proteção Catódica, Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva, Fundamentos de Resistência à Corrosão, Introdução à Metalurgia e aos Materiais Metálicos, Materiais – Aplicações de Engenharia – Seleção – Integridade.

Gigante em praticamente todos os aspectos que se queira analisar, o que motiva a existência de tanta pobreza no país? É a partir desse questionamento que Laerce de Paula desenvolveu suas ideias, fazendo uma análise sobre a gestão do Brasil.

*Para mais informações, acesse [www.editorainterciencia.com.br](http://www.editorainterciencia.com.br) ou telefone (21) 2581-9378.*



## Como pintar sem remover a ferrugem

O processo de preparação de grandes superfícies metálicas enferrujadas para pintura é uma das etapas mais importantes do processo de pintura e, ao mesmo tempo, uma etapa muito trabalhosa, considerando o alto custo e tempo investido para garantir a total remoção de ferrugem por processos mecânicos.

Segundo a Quimatic Tapmatic, o processo funciona, em linhas gerais, da seguinte forma: com uma escova de aço é realizada uma leve limpeza para remoção da ferrugem solta; para remover essa ferrugem utiliza-se um pincel ou rolo para aplicar duas demãos de PCF, considerando um intervalo de cinco horas entre as demãos. Após 12 horas da última demão de PCF, a superfície está pronta para receber tinta de acabamento do tipo esmalte sintético ou à base de resina epóxi ou a base de PU.

*Para mais informações, acesse [www.quimatic.com.br](http://www.quimatic.com.br).*



## Recuperação de solventes: uma decisão sustentável

Questão presente na rotina de empresas de diferentes portes, o destino dos solventes após o uso é um assunto pertinente. Além da ameaça que representa ao meio ambiente, o resíduo desse material frequentemente ocupa espaço significativo no pátio das empresas e é um gerador de altos custos de armazenagem e descarte.

Consciente dessa situação vivida por muitos de seus clientes, a WS Equipamentos decidiu comercializar no mercado brasileiro uma solução da SET (Sistema Europeu de Tecnologia) para reciclagem de solventes oriundos dos processos de limpeza de equipamentos de pintura. O equipamento conhecido como Recuperador de Solventes proporciona, por meio do processo de destilação do químico, a separação entre solvente líquido e resíduos sólidos.

*Para mais informações, acesse [www.wsequipamentos.com.br](http://www.wsequipamentos.com.br).*



# Estudo da corrosão em frestas de ligas de alta resistência à corrosão por meio de ensaios eletroquímicos

*Crevice corrosion of high corrosion resistance alloy through electrochemical tests*



Por Cristiane  
Vargas Pecequilo

Co-autores:  
Zebbour  
Panossian,  
Renata Angelon  
Brunelli e  
Neusvaldo Lira  
de Almeida

## Resumo

O uso de ligas de alta resistência à corrosão vem crescendo decorrente das condições mais agressivas dos novos campos de petróleo e gás. Assim, a avaliação da resistência destes materiais à corrosão localizada passa a ser de extrema importância. Estudos mostraram que há divergências entre os resultados obtidos em ensaios de campo de longa duração e ensaios eletroquímicos baseados na ASTM G 61 para ligas de alta resistência à corrosão, no que se refere ao tipo de acabamento superficial. Uma liga deste tipo não mostrou susceptibilidade à corrosão por pite e em frestas no ensaio eletroquímico, o que foi observado após ensaios em campo, para determinado acabamento superficial (jateado). Uma possível explicação para este fato é que, no ensaio de campo de longa duração, além da influência da condição da superfície do material, o tempo seja suficiente para que o eletrólito dentro das frestas se modifique e assuma valores de pH suficientemente baixos para quebrar a camada passiva dentro da fresta, expondo a liga a um eletrólito mais agressivo, sugerindo que o ensaio segundo a ASTM G 61 não é adequado para avaliar a susceptibilidade à corrosão em frestas das ligas mais resistentes à corrosão. Este trabalho discute resultados de ensaios conduzidos por meio do levantamento de curvas de polarização potenciodinâmicas, para o

aço inoxidável superdúplex SAF 2507 com a solução sugerida na ASTM G 61, porém com acabamento superficial do eletrodo de trabalho diferente daquele indicado pela norma, objetivando verificar se tais ensaios teriam a capacidade de refletir os resultados obtidos em campo.

## Abstract

*The use of high corrosion resistance alloys, such as duplex stainless steels, has grown due to more aggressive conditions of new oil and gas fields, such as the pre-salt. Thus, evaluation of properties of these materials related to localized corrosion became a factor of utmost importance. Studies showed that there is no agreement between the results obtained in long term field tests with those obtained in electrochemical tests based on ASTM G 61 for high corrosion resistance alloys with regard to the type of surface finishing. An alloy of this type showed no susceptibility to pitting and crevice corrosion in electrochemical tests, which was observed after field tests, for a given surface finishing (blasted). An alloy of this type showed no susceptibility to pitting and crevice corrosion in electrochemical tests, which was observed after field tests, for a given surface finishing (blasted). One possible explanation for this is that in the long duration field tests, besides the influence of the material surface finishing, the time is long enough for the electrolyte inside the crevices suffer a modification and assume a pH value low enough to*

*break the passive layer inside the crevice, exposing the alloy to a more aggressive electrolyte. This hypothesis suggests that the test according to ASTM G 61 is not suitable for assessing susceptibility to crevice corrosion of the most corrosion-resistant alloys. This paper discusses the results obtained through cyclic potentiodynamic polarization measurements for a super duplex stainless steel (SAF 2507) carried out according to ASTM G 61, but with a different surface finishing from that indicated by the standard. The aim of this change is verify if such tests have the ability to reflect the results obtained in the field.*

## Introdução

A corrosão em frestas consiste em uma das formas de ataque mais frequente e menos reconhecida, sendo um problema que em geral envolve os metais passíveis e, portanto, materiais relativamente resistentes à corrosão, como, por exemplo, aços inoxidáveis, titânio e alumínio. Por esta razão, a corrosão em frestas é frequentemente negligenciada, levando a falhas prematuras de estruturas e equipamentos, algumas vezes com consequências catastróficas. A ocorrência deste problema limita-se a frestas muito estreitas que são formadas quando são utilizadas gaxetas, parafusos e arruelas, estando presente também em juntas sobrepostas e depósitos de superfície (deposição de areia, produtos de corrosão permeáveis, incrustações marinhas e outros

sólidos), além de outras heterogeneidades superficiais, como trincas, borrifos de solda e outros defeitos metalúrgicos<sup>1-2</sup>. Para que ocorra a corrosão, a fresta deve ser grande o suficiente para permitir o acesso do meio corrosivo e suficientemente pequena para prevenir o transporte de matéria entre o ânodo e o cátodo, funcionando como célula oclusa<sup>a</sup>. Segundo Shreir<sup>3</sup>, as aberturas típicas de frestas são da ordem de 0,025 mm a 0,1 mm.

São muitos os fatores que exercem influência na resistência à corrosão em frestas dos metais e ligas passiváveis. Em relação aos meios, são fatores influenciadores a temperatura, a velocidade relativa metal/meio, a presença de cloro, de ozônio, de íons cloreto, de gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), como também, a origem do meio, por exemplo, no caso da água do mar, se é natural ou sintética.

Outros fatores a serem considerados são a composição da liga (níquel, cromo, molibdênio, nitrogênio etc.), a microestrutura (inclusões, segundas fases, heterogeneidades na estrutura etc.), a geometria das frestas, a formação de pares galvânicos, a relação de área catodo/anodo e os tratamentos de superfície.

Com relação aos tratamentos de superfície, Oldfield<sup>4</sup> estudando o mecanismo de corrosão em frestas em aços inoxidáveis em água do mar verificou a grande influência da rugosidade superficial e do pré-tratamento (mecânico ou eletroquímico) na resistência à ini-

ciação da corrosão em frestas. Oldfield observou que uma superfície decapada em ácido é mais resistente do que superfícies lixadas<sup>4</sup>. Em peças cuja aspereza de suas superfícies promove o contato entre as mesmas, há um amplo espectro de “aberturas” de frestas e o modelamento matemático desenvolvido por Watson e Postlethwaite<sup>5</sup> mostrou que as frestas mais estreitas (ou microfrestas) podem iniciar a corrosão. Com isto, considerando superfícies preparadas por meio de lixamento mecânico, pode-se provar que, independentemente da grana da lixa utilizada, sempre haverá uma quantidade suficiente de microfrestas; portanto, a corrosão em frestas não tende a variar muito com a grana da lixa utilizada no acabamento superficial das peças. Como exemplo, pode-se citar o estudo realizado por Kain<sup>6</sup>, no qual ensaios de corrosão em frestas realizados com aço inoxidável AISI 316 em água do mar natural mostraram um nível comparável de ataque para as superfícies preparadas por meio de lixamento com lixa de grana 60 e de grana 600.

Como o mecanismo de corrosão em frestas é muito semelhante ao da corrosão por pite, os ensaios eletroquímicos de avaliação da susceptibilidade de um material à corrosão em frestas podem, em princípio, serem os mesmos da corrosão por pite, desde que se tenha algum tipo de dispositivo em contato com a amostra formando uma fresta<sup>7-8</sup>. Vale destacar que, de acordo

com Betts e Boulton<sup>1</sup>, diversas dificuldades têm sido enfrentadas para transpor os resultados obtidos em laboratório para situações reais de utilização. O problema mais comum decorre das restrições geométricas: a variação da abertura/profundidade da fresta pode fornecer, para meios similares, resultados bem diferentes para as mesmas ligas<sup>1</sup>.

Muitos trabalhos têm sido publicados<sup>7-12</sup> objetivando a avaliação da resistência à corrosão localizada (pite e em frestas) de aços inoxidáveis por meio de técnicas eletroquímicas, especialmente curvas de polarização anódicas potenciodinâmicas. Inclusive já existem metodologias normalizadas para esta finalidade, citando-se a norma ASTM G 61<sup>13</sup> que trata da susceptibilidade à corrosão localizada (por pite e em frestas) de ligas de ferro, níquel e cobalto, por meio de curvas de polarização anódicas potenciodinâmicas cíclicas, norma esta muito utilizada para a avaliação dos aços inoxidáveis austeníticos, como o AISI 304 e o AISI 316, visto que já se tem acumulado dados sobre o desempenho em campo destes materiais por longos tempos. No entanto, um estudo desenvolvido pelos autores<sup>14-17</sup> mostrou que, para aços de alta resistência, como os aços inoxidáveis dúplex e superdúplex, os resultados obtidos pelos ensaios eletroquímicos ainda merecem ser tratados com mais cuidado. Neste estudo, o superdúplex SAF 2507, quando submetido ao ensaio eletroquímico segundo a norma ASTM G 61<sup>13</sup>, com acabamento superficial lixado indicado pela mesma, não mostrou susceptibilidade à corrosão por pite e em frestas. No entanto, este mesmo aço apresentou corrosão em frestas em ensaios de imersão de corrosão em frestas realizados em campo

*a. Células oclusas (occluded cells) são aquelas em que o anodo e o catodo de um processo de corrosão encontram-se fisicamente separados, de modo que o eletrólito junto ao anodo, denominado ânodo, tem dificuldade de misturar-se com o eletrólito junto ao catodo, denominado cátodo. Por esta razão, mesmo que no início do processo corrosivo, ambos os eletrólitos tenham as mesmas características, devido à formação dos produtos das reações anódica e catódica, estas vão sofrendo alterações e, com isto, após algum tempo, o ânodo pode ser completamente diferente do cátodo em termos de pH, natureza e concentração de constituintes presentes nas soluções<sup>2</sup>.*

no Flutuante Isabel<sup>b</sup>. Corpos de prova desta liga, com acabamento superficial jateado e lixado até grana 600, com dispositivos formadores de fresta (confeccionados com base na norma ASTM G 78<sup>18</sup>), foram expostos nas águas rasas do canal da cidade de São Sebastião, litoral de São Paulo. Após 150 dias de exposição, foi verificada corrosão nas frestas dos corpos de prova com acabamento jateado.

Portanto, comparando os resultados dos ensaios eletroquímicos realizados com o aço inoxidável superdúplex SAF 2507 com os resultados obtidos nos ensaios de imersão em campo, ambos realizados para o acabamento superficial lixado, verifica-se concordância entre as técnicas. No entanto, para o acabamento superficial jateado, este material se mostrou susceptível à corrosão em frestas nos ensaios em campo. Assim, para verificar se os ensaios eletroquímicos têm a capacidade de refletir os resultados dos ensaios em campo, se faz necessária a condução de ensaios com superfícies jateadas.

Para isto, curvas de polarização do aço SAF 2507 em meio cloretado foram levantadas tanto para o acabamento superficial lixado como para o jateado, com o monitoramento do pH junto à interface liga/eletrolito durante o levantamento das curvas. Os ensaios foram conduzidos tendo como base a norma ASTM G 61<sup>13</sup>.

## Materiais e Métodos

### Ensaio eletroquímicos

Os ensaios eletroquímicos realizados basearam-se na norma ASTM G 61<sup>13</sup>, mas com modificação, ou seja, a introdução de uma fresta proposital. Para isto, foi desenvolvida uma célula de

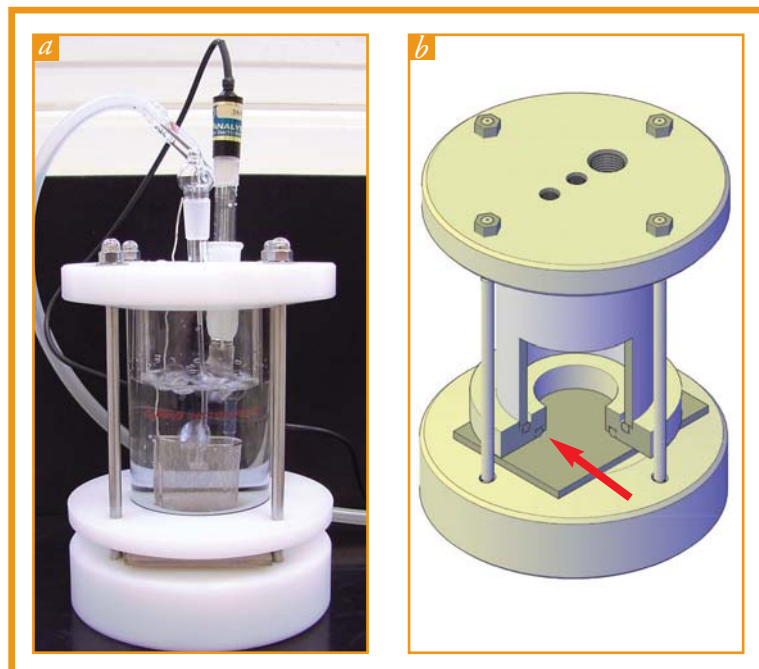


Figura 1 – Célula de ensaio utilizada, similar à célula eletroquímica de Tait. (a) Célula montada com a solução de ensaio NaCl a 3,56 %, mostrando o posicionamento do contraeletrodo de platina e do capilar de Luggin com o eletrodo de referência de calomelano saturado e desaeração da solução por meio do borbulhamento de gás nitrogênio. (b) Representação esquemática da célula desenvolvida, com a seta em vermelho indicando a fresta circunferencial formada, por meio da utilização do anel de Viton<sup>®</sup>

ensaio similar à célula eletroquímica de Tait, conforme mostra a Figura 1, com área exposta aproximada de 12,56 cm<sup>2</sup>, na qual a formação da fresta proposital foi conseguida por meio de um anel de vedação (de Viton<sup>®</sup>) colocado entre o cilindro de vidro da célula e os eletrodos de trabalho da liga SAF 2507 (indicado pela seta vermelha na Figura 1b).

Para a realização dos ensaios eletroquímicos, foram estabelecidas as seguintes condições:

- **eletrólito:** solução de NaCl a 3,56 %, pH inicial igual a 7,55, como indicado na norma ASTM G 61<sup>13</sup>;
- **eletrodos de trabalho:** foram utilizados corpos de prova da liga SAF 2507 de dimensões: 100 mm x 70 mm x 4 mm. Tais

eletrodos foram preparados de duas maneiras diferentes, ou seja, lixados a seco e também jateados (o jateamento foi feito após o lixamento dos corpos de prova). Antes de cada ensaio, os corpos de prova lixados ou jateados foram submetidos à lavagem com água e detergente, desengraxe com acetona e secagem. Antes da polarização, os eletrodos de trabalho foram expostos por 24 h a uma atmosfera controlada (23 °C ± 2 °C e 60 % de umidade relativa) com o objetivo de se obter um grau similar de passivação das superfícies de todos os eletrodos de trabalho ensaiados;

- **eletrodo de referência:** calomelano saturado (ECS);
- **capilar de Luggin:** foi utilizada a mesma solução dos ensaios, ou seja, NaCl a 3,56 % no capilar, de acordo com o indicado na norma ASTM G 61<sup>13</sup>;

b. O Flutuante Isabel é uma estação de corrosão instalada no canal da cidade de São Sebastião, SP. Foi construído com recursos da FINEP e da Petrobras, com o objetivo de ensaiar materiais metálicos expostos a ambiente offshore.

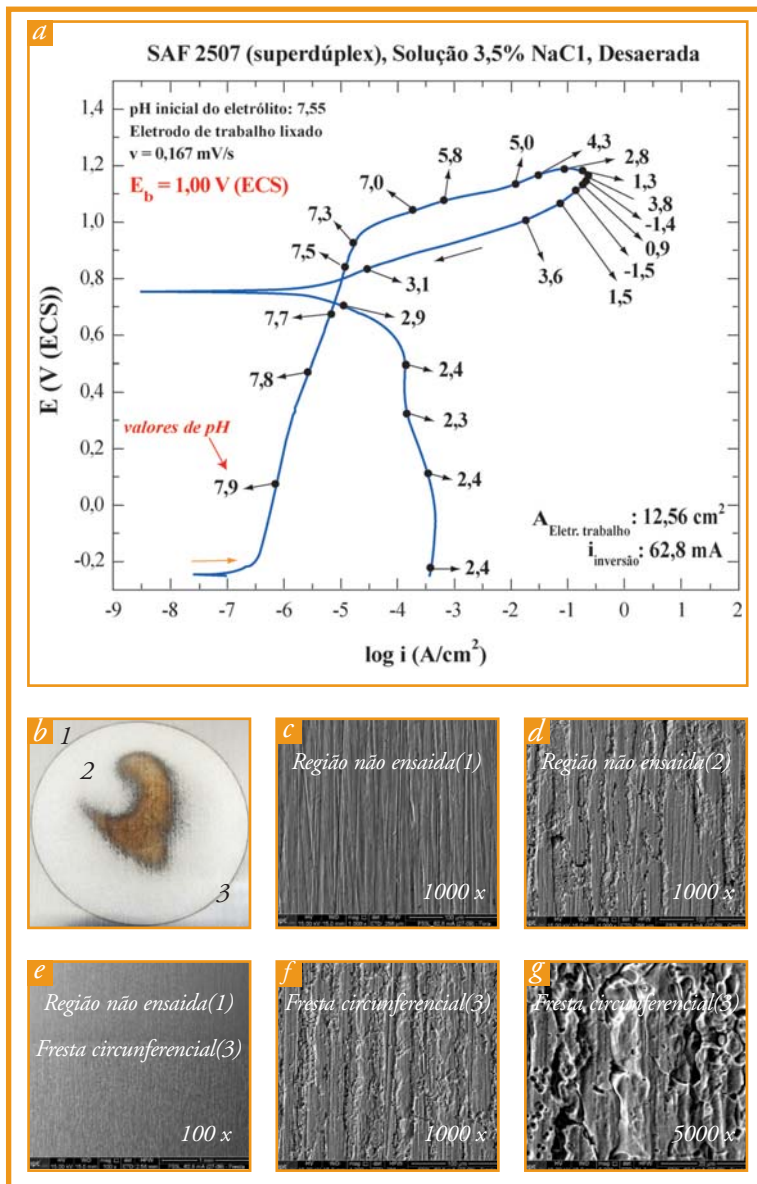


Figura 2 – SAF 2507 – Acabamento Lixado – (a) curva de polarização potenciodinâmica cíclica para o acabamento superficial lixado do aço inoxidável superdúplex SAF 2507 em solução de NaCl a 3,5 % desaerada, com pH inicial igual a 7,55 e monitoramento de pH; (b) aspecto visual da fresta formada no eletrodo de trabalho lixado, decorrente da utilização do anel de vedação de borracha na célula de ensaio; (c) região não ensaiada (aumento 1000x); (d) região ensaiada – centro (aumento: 1000 x); (e) interface região não ensaiada / região ensaiada (aumento: 100 x); (f) dentro da fresta circunferencial – aumento: 1000 x; (g) dentro da fresta circunferencial - aumento: 5000 x. Imagens obtidas no MEV/FEG

- **eletrodo auxiliar:** platina, no formato de um cesto cilíndrico com área aproximada de 54 cm<sup>2</sup>;
- **desaeração do eletrólito:** obtida por meio do borbulhamento de N<sub>2</sub> na solução por 60 min;
- **velocidade de varredura:** 0,167 mV/s, de acordo com o indicado na ASTM G 61<sup>13</sup>;
- **corrente de inversão:** 5 mA/cm<sup>2</sup>, de acordo com o indicado na ASTM G 61<sup>13</sup>. Assim, para os eletrodos de tra-

balho utilizados (área ensaiada igual a 12,56 cm<sup>2</sup>), a corrente de inversão foi igual a 62,8 mA.

Todos os ensaios foram feitos em duplicata.

O potenciostato marca PAR, modelo 273 A foi utilizado para o levantamento das curvas de polarização potenciodinâmicas, enquanto o monitoramento do pH nas vizinhanças da interface liga/eletrólito durante o levantamento destas curvas foi realizado por meio do pHmetro marca Metrohm, modelo 780.

Após cada ensaio, as superfícies dos eletrodos de trabalho foram examinadas utilizando um microscópio eletrônico de varredura (MEV) do tipo FEG – Field Emission Gun, marca FEI, modelo Quanta 400.

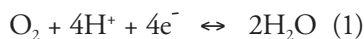
## Resultados e Discussão

As curvas de polarização cíclicas obtidas para o aço superdúplex SAF 2507 com corrente de reversão igual a 62,8 mA (5 mA/cm<sup>2</sup>), juntamente com os valores de pH medidos a diferentes potenciais, estão apresentadas nas Figuras 2 (a) e 3 (a) para cada acabamento superficial (lixado e jateado, respectivamente), na solução 3,56 % NaCl com pH inicial igual a 7,55. Os aspectos visuais das frestas formadas nos eletrodos de trabalho são apresentados nas Figuras 2 (b) e 3 (b), acabamentos lixado e jateado, respectivamente, após o levantamento das curvas de polarização. Nestas figuras também são apresentadas imagens detalhadas, obtidas por MEV/FEG, da superfície de tais eletrodos de trabalho.

Observando as Figuras 2 (b) e 3 (b), tanto para o acabamento lixado como para o jateado, pode-se verificar o manchamento da região circunferencial na fresta proposital formada sob o anel de Viton®, região esta que ficou bem demarcada. O eletrodo jateado apresentou perda de brilho (indicando o ataque da liga)

em toda a região ensaiada, enquanto o eletrodo lixado apresentou somente um manchamento da região central, com a perda de brilho da superfície lixada partindo da região circunferencial em direção ao centro, mas tal ataque não se deu por completo. As imagens detalhadas da região circunferencial, Figuras 2 e 3, mostraram que houve ataque ao metal, sendo este ataque mais pronunciado para o acabamento jateado, principalmente na região central. A intensidade de ataque pode ser melhor percebida quando se compara a imagem da região ensaiada com a região não ensaiada.

A análise das curvas de polarização cíclicas deste aço em ambos os acabamentos superficiais (Figuras 2 (a) e 3 (a)), mostra que ocorreu um aumento brusco da corrente quando o potencial atingiu valores muito positivos, a saber: 1,00 V (ECS) (maior valor obtido) para o acabamento superficial lixado e de 1,05 V (ECS) (maior valor obtido) para o acabamento jateado. Estes potenciais são superiores ao potencial de equilíbrio da reação de redução do oxigênio:



Para uma solução naturalmente aerada (pressão parcial de oxigênio igual a 0,2 atm) de pH = 7,55, o potencial de equilíbrio da reação (1) é de 0,54 V (ECS), a saber:

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,228 - 0,0591\text{pH} \quad (2)$$

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,228 - 0,0591 \times 7,55 \quad (3)$$

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 1,228 - 0,446 \quad (4)$$

$$E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}} = 0,78 \text{ V(H)} = 0,54 \text{ V(ECS)} \quad (5)$$

Para a condição desaerada, empregada no estudo, o poten-

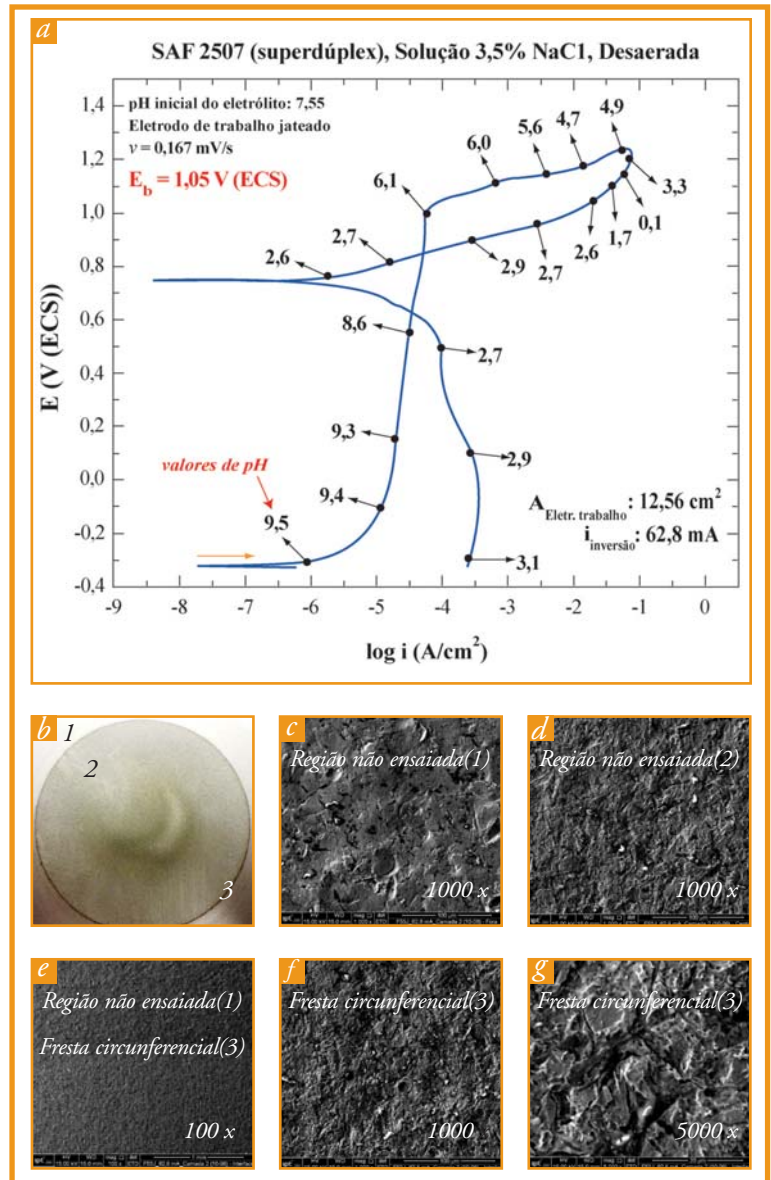


Figura 3 – SAF 2507 – Acabamento Jateado – (a) curva de polarização potenciodinâmica cíclica para o acabamento superficial jateado do aço inoxidável superdúplex SAF 2507 em solução de NaCl a 3,5 % desaerada, com pH inicial igual a 7,55 e monitoramento de pH; (b) aspecto visual da fresta formada no eletrodo de trabalho jateado, decorrente da utilização do anel de vedação de borracha na célula de ensaio; (c) região não ensaiada (aumento 1000x); (d) região ensaiada – centro (aumento: 1000 x); (e) interface região não ensaiada / região ensaiada (aumento: 100 x); (f) dentro da fresta circunferencial – aumento: 1000 x; (g) dentro da fresta circunferencial – aumento: 5000 x. Imagens obtidas no MEV/FEG

cial de equilíbrio do oxigênio é menor ainda. Isto indica que, quando a curva de polarização atinge um valor de potencial pouco menor do que 0,541 V (ECS), tem início a ocorrência da reação (1) no sentido da oxidação

( $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ ), ou seja, ocorre a decomposição da água com formação de gás oxigênio. Obviamente, logo que se atinge este potencial, a velocidade desta reação é muito baixa e aumenta com o aumento da po-



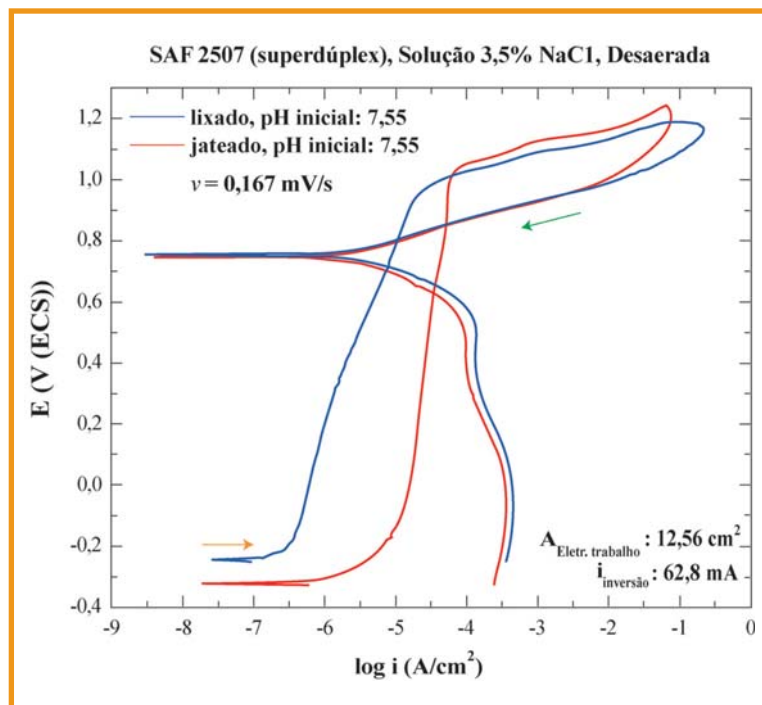


Figura 4 – Comparação das curvas de polarização potenciodinâmica cíclicas do aço inoxidável SAF 2507 para os acabamentos superficiais lixado e jateado, em solução de NaCl, com pH inicial igual a 7,55

larização anódica.

No presente estudo, a corrente continua baixa por cerca de 500 mV acima do potencial de equilíbrio do oxigênio (Figuras 2 (a) e 3 (a)) decorrente da alta resistência à corrosão do aço superdúplex: provavelmente a camada passiva formada sobre a liga em estudo polariza a reação da decomposição da água. A ocorrência da reação de oxidação da água pode ser percebida pela diminuição gradativa do pH do eletrólito medido nas proximidades do eletrodo de trabalho (Figuras 2 (a) e 3 (a)).

O aumento brusco da corrente observado nas Figuras 2 (a) e 3 (a) poderia ser associado, além da reação de oxidação da água, à quebra da camada passiva. Em um estudo anterior conduzido pelos autores<sup>17</sup>, foi mostrado que não há sinais de ataque da superfície do eletrodo trabalho quando este é mantido por 30 minutos a potenciais pouco acima do potencial de quebra, indicando que a quebra

ocorre devido à reação de decomposição da água que se dá através da camada de óxidos que continua protegendo a liga. Nestas condições, o pH junto ao eletrólito não sofre acidificação acentuada. Este mesmo estudo mostrou que o ataque do eletrodo de trabalho (observado nas Figuras 2 (b) e 3 (b)) só ocorre quando a manutenção do potencial a valores suficientemente acima do potencial de quebra determina a diminuição do pH. Esta conclusão é corroborada pela Figura 4. Nesta figura, o potencial no qual ocorreu o aumento brusco da corrente para o eletrodo jateado foi praticamente igual (até ligeiramente maior acompanhando a curva da reação de oxidação da água) ao do eletrodo lixado, ambos superiores ao potencial de equilíbrio da reação (1). Porém a corrente passivação da superfície jateada foi cerca de dez vezes maior do que a superfície lixada. Se tivesse ocorrido a quebra da camada passiva, certamente o potencial de quebra se-

ria menor no caso do eletrodo de trabalho jateado, já que a camada passiva é menos efetiva.

Finalmente, vale discutir a adequação da norma ASTM G 61<sup>13</sup> para verificação da susceptibilidade à corrosão em frestas do aço estudado. Segundo esta norma, a liga estudada não seria suscetível à corrosão localizada (pite e frestas) devido ao aumento brusco da corrente ter ocorrido a potenciais maiores do que a da reação (1). De fato, nos meios naturais, valores de potenciais tão altos não podem ser alcançados, visto que a reação de maior potencial de equilíbrio é a da oxidação da água. Isto indicaria que este material não é suscetível à corrosão em frestas nos meios naturais, o que inclusive é citado na norma ASTM G 61<sup>13</sup>.

No entanto, conforme já mencionado, os ensaios de campo mostraram a ocorrência de corrosão em frestas do aço estudado com acabamento jateado. Muito provavelmente, os ensaios de campo, sendo mais agressivos devido ao maior tempo de duração e à presença de cracas e outros animais marinhos aderidos à superfície dos corpos de prova e sobre os dispositivos formadores de frestas, permitiram o estabelecimento de modificações do eletrólito (diminuição significativa do valor do pH) dentro da fresta a níveis capazes de quebrar a camada passiva num potencial abaixo do potencial de equilíbrio da reação (1), fenômeno este facilitado pelo acabamento jateado que apresentou uma camada passiva com características menos protetoras. De fato, nas curvas de polarização da Figura 4, pode se verificar que, a camada passiva formada sobre a superfície jateada é menos efetiva, já que sua corrente de passivação é cerca de dez vezes maior do que a corrente de passivação da superfície lixada. Sabe-se que superfícies rugosas são mais suscep-

tíveis à corrosão em frestas, devido à grande influência da rugosidade superficial e do pré-tratamento na resistência à iniciação deste tipo de corrosão, como citado na literatura e exposto na introdução do presente trabalho. Muito provavelmente, nos ensaios de campo com corpos de prova com superfície lixada, a corrosão em fresta se manifestaria num período maior de ensaio.

Face ao exposto, acredita-se que o ensaio da norma ASTM G 61<sup>13</sup> não é adequado para classificar a susceptibilidade à corrosão em frestas das ligas mais resistentes à corrosão como o do presente estudo (aço inoxidável superduplex), devendo este ensaio ser substituído por outro em que se considere a acidificação do meio. Os autores estão conduzindo ensaios com levantamento de curvas de polarização com a mesma solução sugerida pela ASTM G 61<sup>13</sup>, porém com valores de pH mais baixos e já verificaram que quando se abaixa o pH da solução de cloreto de sódio 3,56 %, o aumento brusco de corrente ocorre em potenciais abaixo do potencial da oxirredução de oxigênio (reação (1)). Espera-se que estes ensaios permitam o estabelecimento de uma metodologia mais segura para avaliar a susceptibilidade de corrosão em frestas dos aços do tipo estudado neste trabalho.

## Conclusão

O ensaio normalizado ASTM G 61<sup>13</sup> para verificação da susceptibilidade à corrosão em frestas por meio de técnicas eletroquímicas, não é adequado para prever, de maneira geral, a susceptibilidade à corrosão em frestas das ligas mais resistentes à corrosão, como é o caso da liga SAF 2507.

## Referências Bibliográficas

1. BETTS, A. J.; BOULTON, L. H. *Crevice corrosion: review of mecha-*

- nisms, modelling and mitigation. British Corrosion Journal*, v. 28, n. 4, p. 279-295, 1993.
2. PANOSSIAN, Z. *Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas*. 1. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1993. 2 v. v.1, cap. 6. 280 p.
3. SHREIR, L. L. *Corrosion*. 2. ed. London: Newnes-Butterworths, 1977. 2 v. v 1: *metallenvironment reactions*. p. 1:143-1:148.
4. OLDFIELD, J. W. *Crevice corrosion of stainless steels in seawater. Avesta Corrosion Management, ACOM Report n° 1-1988*, Avesta AB, Avesta, Sweden, 1988.
5. WATSON, M. K.; POSTLETHWAITE, J. *Numerical simulation of crevice corrosion: the effect of the crevice gap profile. Corrosion Science*, v. 32, n. 11, p. 1253-1262, 1991.
6. KAIN, R. M. *Effects of surface finish on the crevice corrosion resistance of stainless steels in seawater and related environments. In: NACE Corrosion/90, 1991, Cincinnati. Proceedings... Cincinnati: NACE International, 1991. p. 508/1-508/21.*
7. WOLYNEC, S. *Técnicas eletroquímicas em corrosão*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. cap. 7. 166 p.
8. SRIDHAR, N.; DUNN, D. S.; BROSSIA, C. S.; CRAGNOLINO, G. A.; KEARNS, J. R. *Crevice Corrosion. In: Corrosion Tests and Standards Manual. Philadelphia: ASTM, 2005. p. 221-232.*
9. SZKLARSKA-SMIALOWSKA, Z. *Pitting and crevice corrosion*. Houston: NACE International, 2005. cap. 18. 590 p.
10. PEREIRA, E. GOMES, J.A.C.P. *Influência do gás carbônico na resistência à corrosão por pites de aços inoxidáveis austeníticos e austeno-férricos em água do mar sintética com elevada concentração de íons cloreto. In: In: 11ª CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 11, 2011, Porto de Galinhas. Anais... Porto de Galinhas: Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção, 2011. 1 CD 11a Coteq.*
11. CARVALHO, M.P.M.; BASTOS, I. N. *Estudo da corrosão por crevice de aços inoxidáveis. In: 10ª CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 10, 2009, Salvador. Anais... Salvador: Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção, 2009. Pen Drive 10a Coteq.*
12. FERNANDES, F.A.P.; PICON, C.A.; TREMILOSE-FILHO, G.; HECK, S.C. *Comparação do desempenho sob corrosão de aços inoxidáveis supermartensíticos em água do mar natural e sintética. In: 10ª CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 10, 2009, Salvador. Anais... Salvador: Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção, 2009. Pen Drive 10a Coteq.*
13. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1986 (Reapproved 2009). G 61: *Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiodynamic Polarization Measurements for Localized Corrosion Susceptibility of Iron-, Nickel-, or Cobalt-Based Alloys. Pennsylvania*. 5 p.
14. PANOSSIAN, Z.; PECEQUILO, C. V.; MATOS, R. B.; ALMEIDA, N. L.; PIMENTA, G. S. *Avaliação do desempenho dos aços inoxidáveis AISI 316L e superduplex AISI F53 quanto à corrosão em frestas. In: 11ª CONFERÊNCIA SOBRE TECNOLOGIA DE EQUIPAMENTOS, 11, 2011, Porto de Galinhas. Anais... Porto de Galinhas: Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção, 2011. 1 CD 11a Coteq.*
15. PANOSSIAN, Z.; PECEQUILO, C. V.; ALMEIDA, N. L.; MATOS, R. B.; PIMENTA, G. S. *Avaliação por meio de ensaios de imersão da resistência à corrosão em frestas dos aços AISI 316L e AISI F53. Corrosão e Proteção*, v. 8, p. 28-32, 2011.
16. PANOSSIAN, Z.; PECEQUILO, C. V.; ALMEIDA, N. L.; PIMENTA, G. S. *Performance evaluation of AISI 316L and super duplex AISI F53 stainless steels regarding crevice corrosion. In: 18th International*

*Corrosion Congress, 2011, Perth. 18th International Corrosion Congress, 2011*

17. PANOSSIAN, Z.; PECEQUILO, C. V.; BRUNELLI, R. A.; PIMENTA, G. S. *Avaliação da susceptibilidade à corrosão em frestas de ligas de alta resistência à corrosão por meio de ensaios eletroquímicos*. In: INTERCORR 2012, 2012, Salvador. Anais... Salvador: Associação Brasileira de Corrosão, 2012. 1 CD INTERCORR 2012.
18. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 2001 (Reapproved 2007). G 78: *Standard Guide for Crevice Corrosion Testing of Iron-Base and Nickel-Base Stainless Alloys in Seawater and Other Chloride-Containing Aqueous Environments*. Pennsylvania. 8 p.

#### **Cristiane Vargas Pecequilo**

*Mestre em Engenharia, Pesquisadora Assistente do Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT*

#### **Zebbour Panossian**

*Doutora em Ciências, Professora convidada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Diretora de Inovação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT*

#### **Renata Angelon Brunelli**

*Técnica química do Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT*

#### **Neusvaldo Lira de Almeida**

*Mestre em Engenharia, Chefe do Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT*

*Contato com a autora:*

*vargas@ipt.br*

# SMARTCOAT

## Tecnologia em hidrojateamento e preocupação com meio ambiente.

Somos especializados em revestimentos, com técnicas modernas para preparação de superfície por hidrojateamento e aplicação de tintas anticorrosivas, minimizando os resíduos e os danos ambientais. Atuamos na manutenção de plataformas marítimas e navios de petróleo.



**SMARTCOAT**  
Engenharia em Revestimentos Ltda



#### **Taubaté:**

Rua Duque de Caxias, nº 331, sala 711  
Centro - Taubaté-SP | Cep: 12.020-050  
TEL: +55 (12) 3635-1447  
[smartcoat@smartcoat.com.br](mailto:smartcoat@smartcoat.com.br)

#### **Macaé:**

Rodovia Amaral Peixoto, Nº 4885, Km 183,5  
Barreto - Macaé-RJ | Cep: 27.965-250  
TEL: +55 (22) 2757-9500  
[macae@smartcoat.com.br](mailto:macae@smartcoat.com.br)

[www.smartcoat.com.br](http://www.smartcoat.com.br)

# Discussão sobre *falhas* em revestimentos ricos em zinco

*Discussion of failures in Zn-rich coatings*



Por Sidney O. Pagotto Jr.



Neuvaldo L. de Almeida

## Resumo

Amplamente utilizadas nas mais diversas aplicações da área industrial, tintas de fundo ricas em zinco são adequadas para aplicação em estruturas metálicas expostas a ambientes agressivos. No entanto, estas tintas são mais propensas a certos tipos de falha e, dentre os fatores que afetam o desempenho destas tintas, pode-se citar o tamanho e a distribuição dos pigmentos de zinco na tinta, assim como a relação PVC/CPVC (*Pigment Volumetric Concentration/Critical Pigment Volumetric Concentration*). A diminuição do PVC torna o revestimento mais flexível e com maior aderência ao substrato, enquanto que o aumento favorece a formação de poros no filme, e, por conseguinte a absorção de ar nos interstícios dos pigmentos, prejudicando as propriedades de adesão/coesão do revestimento. Para proteger catodicamente o substrato, é necessário que haja continuidade elétrica entre os pigmentos de zinco e entre estes e o substrato. Por outro lado, para garantir uma boa aderência ao substrato e uma boa coesão da camada, deve haver uma quantidade mínima de resina que envolva os pigmentos. Para garantir um bom desempenho de resistência à corrosão e boas propriedades mecânicas, a tinta deve ser formulada com uma relação PVC/CPVC muito bem estabelecida e, mesmo com uma relação

PVC/CPVC adequada, a geometria dos pigmentos também pode resultar em baixa resistência mecânica. Neste trabalho, serão discutidos os fatores principais que poderão acarretar falhas neste tipo de revestimento.

## Abstract

*Zinc-rich paints are widely used in many applications, mainly in marine and industrial environments, for corrosion protection of carbon steel due to its cathodic protection properties. However, these paints are prone to some types of failures basically related to composition and application process. Among the factors affecting the behavior of these paints, the size and the distribution of pigments in the paint, as well as the PVC/CPVC ratio are particularly important. The low PVC/CPVC ratio makes the coating more flexible and more adherent to the substrate, but too bad cathodic protection. The high PVC/CPVC ratio promotes a good cathodic protection, but very bad mechanics properties such as adhesion and cohesion of the coating. Thus, to ensure good adhesion to the substrate, a good cohesion of the layer and a suitable cathodic protection, there must be a very well established PVC/CPVC ratio. Even if there will be an appropriate PVC/CPVC ratio, the geometry of the pigments can also result in low mechanical strength. This paper discusses the main factors that could cause failures in this type of coating.*

## Introdução

Nas décadas de 60 e 70 do século passado, as tintas ricas em zinco, tanto as orgânicas e inorgânicas, foram amplamente utilizadas na indústria naval e em aplicação *offshore*. Mais tarde, tintas de fundo (*primers*) de zinco etil silicato foram mais utilizadas, mas atualmente parece haver um “retorno” das tintas de fundo epóxi rico zinco. O epóxi rico em zinco apresenta algumas vantagens, quando comparado com os silicatos de zinco: as condições de cura são menos exigentes (epóxios curam mais rapidamente e não dependem de umidade elevada no processo de cura), aplicações de camadas subsequentes são mais fáceis, pois apresentam menor probabilidade de formação de poros (WEINELL, 2007). Sabe-se que a porosidade nos revestimentos à base de silicatos é muito maior e isto pode causar retenção de solvente e resultar na formação de bolhas por exemplo. São menos exigentes no que se refere à preparação de superfície. Tudo isso faz com que as tintas de fundo epóxi rico em zinco sejam mais atraentes tanto nos trabalhos de manutenção, como também em aplicações onde requisitos de preparação de superfície não podem ser satisfeitos.

Utilizadas com sucesso nas mais diversas aplicações da área industrial e marinha, as tintas de fundo ricas em zinco são adequadas para aplicação em estruturas metálicas expostas a ambi-

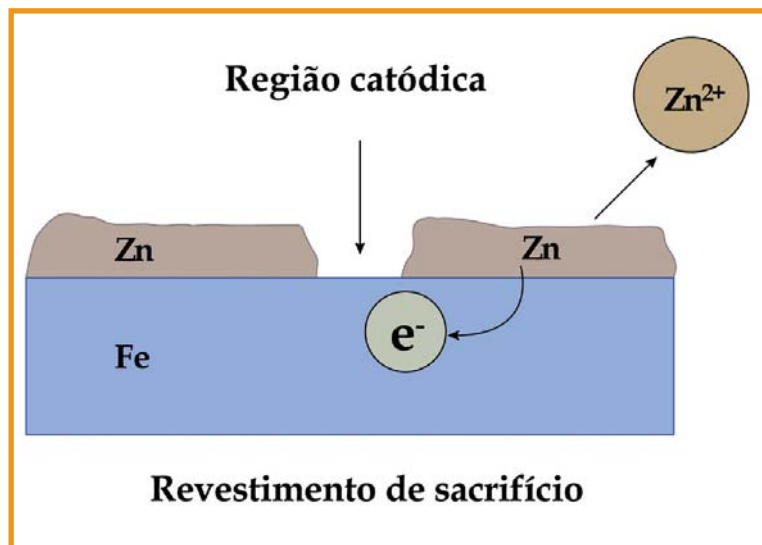


Figura 1 – Representação esquemática do comportamento do revestimento de zinco

entes agressivos. No entanto, estas tintas são mais propensas a certos tipos de falha. Entre os fatores que afetam o desempenho destas tintas, pode-se citar o tamanho e a distribuição dos pigmentos de zinco na tinta, assim como a relação PVC/CPVC (*Pigment Volumetric Concentration/Critical Pigment Volumetric Concentration*). A diminuição do PVC torna o revestimento mais flexível e com maior aderência ao substrato; enquanto que o aumento favorece a formação de poros no filme e, conseqüentemente, a absorção de ar nos interstícios dos pigmentos ocupando o espaço das resinas, prejudicando as propriedades de adesão e coesão do revestimento. Para que uma tinta rica em zinco proteja catodicamente o substrato, é necessário que haja continuidade elétrica entre os pigmentos de zinco e entre estes e o substrato. Por outro lado, para garantir uma boa aderência ao substrato e uma boa coesão da camada, deve haver uma quantidade mínima de resina que envolva os pigmentos, tipicamente uma camada monomolecular recobrendo cada pigmento. Para que estes revestimentos possam garantir bom desempenho de resistência à cor-

rosão e boas propriedades mecânicas, a tinta deve ser formulada com uma relação PVC/CPVC muito bem estabelecida. Se o PVC << CPVC, o revestimento apresentará boas características de adesão/coesão e baixa capacidade de proteção catódica; se o PVC >> CPVC, o revestimento promoverá excelente proteção catódica, mas terá fraca adesão/coesão. Além disso, mesmo com uma relação PVC/CPVC adequada, a geometria dos pigmentos também pode resultar em baixa resistência mecânica. Dimensões variadas de pigmentos fazem com que os espaços intersticiais que deveriam ser ocupados pela resina sejam ocupados pelos pigmentos de menores dimensões, resultando em deficiência do constituinte ligante.

O objetivo deste trabalho é discutir alguns aspectos que possam comprometer o desempenho de sistemas de revestimentos baseados em tintas de fundo epóxi rico em zinco. As crescentes exigências para o desempenho de tintas de fundo ricos em zinco, além de fatores não relacionados com questões técnicas, sugerem novos desenvolvimentos nesta área, como por exem-

plo, se é possível conseguir os mesmos requisitos de proteção catódica com um teor mais baixo de pó de zinco.

### Proteção catódica galvânica com zinco

O zinco é usado com sucesso para proteção contra a corrosão do aço-carbono por possuir uma excelente resistência à corrosão intrínseca nos mais variados meios de exposição e em especial na atmosfera. Além dessa característica, o zinco é anódico em relação ao ferro o que lhe confere a capacidade de proteger o aço também catodicamente, como ilustra a Figura 1. Por esta razão, o zinco é o metal mais utilizado como revestimento para proteção contra a corrosão.

Os mecanismos envolvidos na proteção catódica pelos revestimentos ricos em zinco são idênticos àqueles envolvidos nos revestimentos de zinco por imersão a quente, aspersão térmica etc. Assim, os revestimentos ricos em zinco, pelo menos inicialmente, também são capazes de proteger catodicamente o aço desde que o aço e o zinco estejam expostos simultaneamente no mesmo eletrólito. Na ausência de eletrólito, não há nenhuma proteção catódica e nestas condições, a proteção contra a corrosão do aço é apenas por efeito barreira.

Teores adequados de pigmentos e concentrações adequadas de resina são fundamentais para que o revestimento tenha boas propriedades mecânicas e seja capaz de proteger catodicamente o substrato. Em tintas com pigmentos esféricos de zinco, a condução elétrica só pode ocorrer através do contato tangencial entre os pigmentos. Este contato tangencial deve ocorrer entre os pigmentos e entre os pigmentos e a interface pigmento/substrato, como mostra a Figura 2.

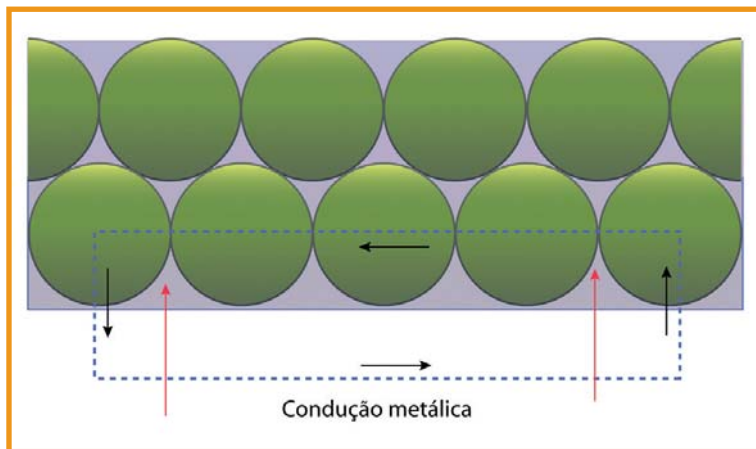


Figura 2 – Representação da condução elétrica entre os pigmentos e entre os pigmentos e o substrato

### Tintas ricas em zinco

Apesar de amplamente utilizadas em pinturas industriais, as tintas de fundo ricas em zinco exigem cuidados quanto à sua formulação, preparo e aplicação. A utilização de esquemas de pintura é uma conhecida e eficiente maneira de proteger estruturas metálicas contra a corrosão. Em geral, os esquemas de pintura tradicionais são compostos por uma tinta de fundo, uma tinta intermediária e uma tinta de acabamento, tendo a tinta de fundo a função primária de garantir uma boa aderência ao substrato. Esquemas de pintura mais modernos incorporam também pigmentos anticorrosivos, capazes de proteger o substrato, seja por proteção anódica, ou por proteção catódica. Dentre as tintas de fundo mais utilizadas, destacam-se as tintas ricas em zinco, pois teores adequados de zinco conferem às tintas deste tipo características de proteção catódica quando aplicada sobre substratos ferrosos, tais como aço-carbono e ferro fundido.

O uso de tintas de fundo ricas em zinco é adequado para aplicação em estruturas metálicas expostas a ambientes agressivos, onde é preciso utilizar esquemas de pintura com maior resistência à corrosão. No entanto, estas tintas apresentam alguns proble-

mas, a saber: são de utilização mais complexa, necessitam de uma formulação mais precisa e são mais propensas a alguns tipos de falha do que outros revestimentos (HARE, 1998).

Dentre os fatores que afetam o desempenho das tintas de fundo ricas em zinco, destacam-se o tamanho e a distribuição dos pigmentos de zinco na tinta de fundo, assim como a relação PVC/CPVC. O PVC de uma tinta pode ser descrito como a concentração de pigmento em volume na película seca, e é dado pela expressão:

$$\text{PVC} = \left\{ \frac{V_p}{(V_p + V_r)} \right\} \times 100,$$

onde:

- PVC = concentração de pigmentos em volume, dado em %;
- $V_p$  = volume do pigmento, em %;
- $V_r$  = volume da resina, em  $\text{cm}^3$ .

O PVC crítico ou CPVC é a maior quantidade de pigmento que o veículo pode agregar, sem haver descontinuidade do filme. Do ponto de vista das propriedades mecânicas, o aumento da quantidade de resina (diminuição do PVC) torna o revestimento mais flexível e com maior aderência ao substrato e maior coesão; mas também, um teor alto de ligante entre pigmentos adjacentes de zinco resulta em iso-

lamento destes e impede a continuidade elétrica entre si e entre estes e o substrato. Por outro lado, o aumento da quantidade de pigmentos (aumento do PVC) favorece a formação de poros no filme da tinta, propiciando assim a absorção de ar nos interstícios dos pigmentos, ocupando o espaço das resinas e prejudicando, desta forma, as propriedades de adesão e coesão do revestimento.

Pelo exposto, para promover proteção catódica ao substrato, é necessário que haja continuidade elétrica entre os pigmentos de zinco e entre estes e o substrato. Mas, para garantir uma boa aderência ao substrato e uma boa coesão da camada, deve haver uma quantidade mínima de resina que envolva os pigmentos, tipicamente uma camada monomolecular. Teoricamente, pigmentos esféricos de zinco de dimensões uniformes são dispostos em uma matriz romboédrica. Assim, do ponto de vista geométrico, a disposição destes pigmentos resultaria em um PVC de 74 %. Na prática, tem sido obtido um PVC da ordem de 64 %. No entanto, como é comum uma variação nas dimensões dos pigmentos, os de menores dimensões ocupam os espaços resultantes da disposição das esferas maiores e elevam o valor do PVC (HARE, 1998).

Os revestimentos ricos em zinco, apesar das excelentes propriedades de resistência à corrosão, possuem vários problemas seja de formulação, seja de aplicação ou mesmo após a aplicação. Independente da origem do problema, as consequências são quase sempre as mesmas: baixa resistência ao cisalhamento que resulta em falha coesiva da camada. Para que estes revestimentos possam garantir bom desempenho de resistência à corrosão e boas propriedades mecânicas, a tinta deve ser formulada com uma relação PVC/CPVC

PVC / CPVC	<< 1	< 1	= 1	>> 1
Revestimento				
Aço-carbono				
Prop. Mecânicas	Excelente	Boa	Ideal	Ruim
Porosidade	Sem poros	Muito pouco	Moderado	Alta
Cond. Elétrica	Nenhuma	Nenhuma	Muito boa	Excelente
Proteção catódica	Nenhuma	Nenhuma	Muito boa	Excelente

Figura 3 – Propriedades mecânicas e proteção catódica de tintas ricas em zinco em função da relação PVC / CPVC (HARE, 1998)

muito bem estabelecida. Se o PVC << CPVC, o revestimento apresentará boas características de adesão/coesão e baixa proteção catódica; por outro lado, se o PVC >> CPVC, o revestimento promoverá excelente proteção catódica, mas terá fraca adesão/coesão. A Figura 3 ilustra, esquematicamente, os efeitos do PVC em uma tinta rica em zinco.

Entretanto, mesmo com uma relação PVC/CPVC adequada (da ordem de 1), problemas como sedimentação e geometria dos pigmentos também podem resultar em baixa resistência mecânica.

No primeiro caso, porque se ocorrer uma sedimentação muito rápida dos pigmentos, praticamente não há espaço nem tempo suficiente para encapsulamento destes pigmentos pela resina, uma vez que há uma grande diferença de densidade específica entre esta e os pigmentos.

Além disso, a homogeneização torna-se extremamente difícil, especialmente quando as tintas estão armazenadas há algum tempo. No segundo caso, por que dimensões variadas de pig-

mentos fazem com que os espaços intersticiais que deveriam ser ocupados pela resina sejam ocupados pelos pigmentos de menores dimensões, resultando em falta do constituinte ligante.

É sabido que as tintas ricas em zinco possuem baixa coesão e que qualquer esquema de pintura deve suportar, sem apresentar defeitos, as deformações a que o substrato for submetido como tração e cisalhamento por exemplo. Quando as estruturas metálicas ficam sujeitas a variações importantes de temperatura e umidade, a tinta intermediária e o acabamento acompanham a movimentação da estrutura, pois em geral não tem problemas coesivos. No entanto, a tinta de fundo rica em zinco pode não acompanhar estes movimentos oscilatórios, resultando em rompimento da camada e gerando grandes bolhas secas. Problemas desta natureza ainda podem ocorrer, mesmo que a tinta esteja adequadamente formulada; isto é, com uma relação PVC/CPVC adequada e sem problemas de sedimentação.

### Agitação da tinta antes da aplicação

Uma agitação deficiente pode determinar falta de homogeneização da mistura, principalmente se a tinta estiver armazenada há algum tempo. Neste caso, uma quantidade muito maior de pigmentos será aspergida na estrutura potencializando a probabilidade de ocorrência de falha coesiva. Por isto, a constante homogeneização da tinta é uma boa medida que deve ser adotada para minimizar este problema.

### Over spray

Este defeito ocorre quando as partículas da tinta atingem a superfície do substrato quase secas, devido à evaporação muito rápida do solvente e é mais comum em tintas de secagem rápida. Dentre as causas mais comuns, destacam-se a distância muito grande entre a pistola e a superfície, pressão de ar muito elevada, aplicação com muito vento, temperatura ambiente muito elevada, entre outras. Nestas condições, as partículas atingem a superfície sem molhamento suficiente para



*Figura 4 – Falha de sistema composto de tinta rica em zinco, por cura deficiente da tinta de fundo*

garantir uma boa aderência entre a tinta e o substrato e entre os próprios pigmentos. É importante manter a distância correta entre a pistola e a superfície a ser revestida. Utilizar o diluente adequado e respeitar a diluição máxima recomendada pelo fabricante da tinta.

#### **Aplicação da tinta intermediária sem respeitar o intervalo entre demãos**

A aplicação de tintas intermediárias, sem que a tinta de fundo esteja completamente curada, pode determinar a resolubilização parcial da tinta de fundo, reduzindo o teor de resina entre os pigmentos e consequentemente a coesão. Segundo Hare (1998), a presença de uma quantidade substancial de zinco na superfície inferior de uma tinta de acabamento delaminada é indicativa de uma falha coesiva causada por uma cura deficiente da tinta de fundo.

Quando isto acontece, há ruptura do revestimento, e parte do revestimento fica aderida ao substrato e a parte rompida fica aderida à tinta intermediária. Nestes casos, não há corrosão do substrato e este apresenta coloração acinzentada, tipicamente de zinco; pois parte do revestimento ficou ali aderida. Dependendo das condições de agressividade da atmosfera local, muitas regiões apresentam produtos de corrosão brancos característicos de zinco,

proveniente da tinta de fundo. Outras áreas podem apresentar corrosão do substrato, mas notadamente de baixa intensidade.

Um dos métodos mais comuns e menos dispendiosos de investigar problemas relacionados à cura é realizar o teste de resistência ao solvente. Como esses revestimentos curam por reação química, a resistência aos solventes do revestimento aumenta com a cura. A norma ASTM D5402 recomenda um ensaio com gaze embebida com metil-etil-cetona (MEK) ou outro solvente especificado. A área de teste é então avaliada quanto a alterações na aparência, dureza, ou espessura, e o tecido pode ser avaliado quanto a alterações de cor compatíveis com a do revestimento. Alternativamente, pode ser usado também cotonetes em substituição à gaze (ASTM D4752).

Embora este teste seja rápido e avalie com uma boa aproximação o grau de cura de tintas, ele não é apropriado para detectar por exemplo pequenas diferenças de cura. Além disto, deve-se considerar que nem todos os revestimentos curados adequadamente têm a mesma resistência ao solvente.

Dependendo do caso, é mais recomendável, lançar mão de análises em laboratório como a espectroscopia na região do infravermelho para a investigação de grau de cura. Estas são muito mais sensíveis do que um teste

com solvente. A espectroscopia no infravermelho se baseia no fato de que as moléculas estão em um estado constante de vibração. Assim, é razoável pensar uma molécula como um conjunto de esferas (átomos) ligadas por meio de molas (ligações químicas que prende a molécula ao conjunto). Dependendo do tipo de átomos e o tipo de ligações químicas, partes das moléculas irão vibrar com frequências diferentes. A frequência de vibração é muito dependente da estrutura da molécula. Isto significa que, quando a luz infravermelha é feita incidir sobre ou através de uma amostra e se a frequência da luz infravermelha corresponder a uma das vibrações nas moléculas que constituem a amostra, a amostra irá absorver uma parte dessa luz particular. A Figura 4 mostra um sistema de revestimento com tinta de fundo rica em zinco que apresetou falha por cura deficiente.

#### **Corrosão**

A resistência à corrosão oferecida pelos revestimentos de zinco ao aço-carbono é altamente dependente da capacidade de transferência de corrente galvânica pela tinta de fundo rica em zinco; enquanto a condutividade do sistema estiver preservada e existir zinco suficiente para atuar como anodo o aço estará protegido. Para se beneficiar desta propriedade, no entanto, deve-se considerar vários aspectos relacionados com a formulação da tinta e também com o processo de aplicação. Uma relação balanceada de PVC/CPVC é capaz de garantir uma excelente resistência mecânica do revestimento e também uma excelente proteção catódica. Se esta relação for muito menor que 1, o revestimento terá boas propriedades mecânicas e nenhuma proteção catódica; por outro lado, se a relação



PVC/CPVC for maior que 1, ter-se-á excelente proteção catódica e baixa resistência mecânica.

No que se refere ao processo de aplicação, uma homogeneização frequente e um atendimento rigoroso ao intervalo de aplicação entre demãos especificado podem evitar problemas relacionados com falha coesiva destes revestimentos. Estudos estão sendo conduzidos com objetivo de reduzir o conteúdo de zinco neste tipo de revestimentos mantendo-se as características de proteção catódica. O sucesso deste desenvolvimento contribuirá sobremaneira para minimizar perdas relacionadas com problemas de formulação e/ou de aplicação.

### Referências bibliográficas

WEINELL, C. E.; RASMUSSEN, S. N.; *Advancement in Zinc Rich Epoxy*

*Primers for Corrosion Protection. CORROSION 2007*, March 11 - 15, 2007, Nashville, Tennessee.

HARE, C. H.: *Zinc-Rich Primers I: Design Principles. Journal of Protective Coatings & Linings*, July 1998, p. 17-37.

HARE, C. H.: *Trouble with Zinc-Rich Primers, Part I: Non-Topcoated Systems. Journal of Protective Coatings & Linings*, Aug. 1998, p. 29-46.

HARE, C. H.; *Trouble with Zinc-Rich Primers, Part II: Multi-Coat Paint Systems. Journal of Protective Coatings & Linings*, Sept. 1998, p. 34-48.

WELDON, D. G.: *Failure Analysis and Degree of Cure. Journal of Protective Coatings & Linings*, July 2005.

*Pesquisador do Laboratório de Corrosão e Proteção do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.*

### Neusvaldo Lira de Almeida

*Mestre em Metalurgia e Materiais pela Escola Politécnica da USP. Chefe do Laboratório de Corrosão e Proteção – IPT.*

*Contato com o autor: sidneyjr@ipt.br*

### Sidney Oswaldo Pagotto Júnior

*Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas.*

## Referência em Pintura, Montagem e Manutenção Industrial



A **BLASPINT** é uma empresa especializada em serviços de manutenção e pintura em refinarias e terminais de petróleo, com destaque para as unidades pertencentes à Petrobras e suas subsidiárias.

A empresa se destaca na fabricação, montagem e manutenção de tanques, esferas e tubulações, com atividades de hidrojateamento, jateamento, pintura e caldeiraria.

Na busca pela melhoria contínua do desempenho, a **BLASPINT** implantou o Sistema Integrado de Gestão para seguir diretrizes de qualidade, segurança, cuidados ambientais e saúde do trabalhador, recebendo assim o título de empresa certificada.

ISO 9001  
ISO 14001  
OHSAS 18001  
BUREAU VERITAS  
Certification



[WWW.BLASPINT.COM.BR](http://WWW.BLASPINT.COM.BR)

**BLASPINT**  
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

SJCampos - SP | CEP 12246-000

Av. Alfredo Ignácio Nogueira Penido, 255 | sl 1713, Ed. Le Classique, Jd. Aquarius  
Tel.: (12) 3911-2555 | sjcampos@blaspin.com.br

Caçapava - SP | CEP 12285-810

Rod. João do Amaral Gurgel, 1501  
Telefax: (12) 3654-4040 | blaspin@blaspin.com.br



Juan Quirós

## Mudança *cultural* para um novo Brasil

*O debate nos anos eleitorais, como este 2014, os embates programáticos e filosóficos, a permanente vigilância das oposições e a retórica são enriquecedores para a democracia*

Fala-se muito na imprensa e nos círculos empresariais, com justificadas razões, sobre a necessidade de se realizarem as chamadas reformas estruturais, principalmente a política, a previdenciária, a tributária e a trabalhista, sempre postergadas pelo Congresso Nacional e o Governo Federal. Sem dúvida, elas são mesmo necessárias para adequar o arcabouço legal brasileiro às realidades mais contemporâneas dos cenários mundiais. No entanto, mesmo que efetivadas, terão efeito limitado como fator de estímulo e crescimento econômico se o Brasil não empreender uma ampla transformação cultural, focada de modo firme no desenvolvimento.

Esse processo, no qual já estamos atrasados a esta altura da segunda década do Século XXI, assenta-se sobre três vertentes essenciais: a postura da classe política; a atitude dos empresários; e, atrelado a ambas, um consistente choque de produtividade. É premente refletir sobre isso e partir para a ação. Não há mais tempo a perder!

No primeiro caso, é preciso que os ocupantes de cargos eletivos no Poder Executivo e no Legislativo coloquem cada vez mais os interesses do Brasil acima das questões partidárias e políticas. O debate nos anos eleitorais, como este 2014, os embates programáticos e filosóficos, a permanente vigilância das oposições e a retórica são enriquecedores para a democracia. Permitem a troca de

ideias, a participação da sociedade nas discussões dos grandes temas nacionais e possibilitam que a opinião pública posicione-se.

No entanto, governantes e parlamentares não podem nortear sua gestão e seu trabalho tendo como parâmetro essencial as próximas eleições, como se o cotidiano nacional fosse uma novela voltada a conquistar pontos de audiência, conforme as emoções, o humor e as preferências do público. A prioridade é a solução dos problemas, a expansão do PIB, a qualidade do ensino e da saúde, os investimentos públicos e a gestão eficaz. Quanto à oposição, não deve ficar torcendo pelo caos para ter mais argumentos de crítica contra a situação e tentar vencê-la nas urnas. Encerrada cada eleição, a classe política deve trabalhar em favor e não contra o País. É assim que ocorre na maioria das nações que conquistaram o desenvolvimento.

Quanto aos empresários, a mudança cultural que deles se espera transcende à sua já decisiva e importante missão de empreender, investir, criar empregos, gerar riquezas e pagar impostos. É necessário que se engajem de modo mais efetivo na política, na mobilização cidadã da sociedade, no debate dos grandes temas e na proposição de mudanças positivas. Sua experiência, capacidade de gestão e olhar pragmático do mundo são elementos essenciais para o aperfeiçoamento do setor público e o avanço do Brasil.

A terceira grande mudança cultural diz respeito ao choque de produtividade, de modo a se atender às exigências e expectativas dos grandes investidores: recursos humanos qualificados e eficientes; logística eficaz; e inovação. O nosso fantástico mercado de 200 milhões de habitantes não é mais suficiente para atrair investimentos produtivos, que miram nossos consumidores, mas podem conquistá-los, neste mundo globalizado, com produtos fabricados em qualquer lugar do Planeta. O capital para ampliar e erguer novas fábricas e empresas da área de serviços somente ficará e virá para o Brasil se tivermos alta produtividade em todo o sistema econômico.

Sem essas três mudanças culturais, continuaremos por muito tempo a ser uma economia de renda média e dificilmente alcançaremos os padrões das nações desenvolvidas. Seguiremos com baixo crescimento do PIB, discutindo medidas pontuais para a correção de rumos e priorizando as urgências, em detrimento das estratégias. Enquanto isso, assistimos a numerosas outras nações, com potencial muito menor do que o nosso, decolarem para um futuro de prosperidade!

---

**Juan Quirós**

Presidente do Grupo Advento e do LIDE Campinas e vice-presidente da FIESP

Contato: [juan.quiros@grupoadvento.com.br](mailto:juan.quiros@grupoadvento.com.br)

# Empresas associadas à ABRACO

A ABRACO espera estreitar ainda mais as parcerias com as empresas, para que os avanços tecnológicos e o estudo da corrosão sejam compartilhados com a comunidade técnico-empresarial do setor. Traga também sua empresa para nosso quadro de associadas.

**ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.**

[www.advancetintas.com.br](http://www.advancetintas.com.br)

**AIR PRODUCTS BRASIL**

[www.airproducts.com](http://www.airproducts.com)

**AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS**

[www.akzonobel.com/international/](http://www.akzonobel.com/international/)

**ALCLARE REVEST. E PINTURAS LTDA.**

[www.alclare.com.br](http://www.alclare.com.br)

**API SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM DUTOS LTDA.**

[apidutos@hotmail.com](mailto:apidutos@hotmail.com)

**AXSON COATINGS**

[www.axson.com](http://www.axson.com)

**A&Z ANÁLISES QUÍMICAS LTDA.**

[zilmachado@hotmail.com](mailto:zilmachado@hotmail.com)

**BLASPINT MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.**

[www.blaspint.com.br](http://www.blaspint.com.br)

**B BOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.**

[www.bbosch.com.br](http://www.bbosch.com.br)

**CBSI – COMP. BRAS. DE SERV. DE INFRAESTRUTURA**

[www.cbsiservicos.com.br](http://www.cbsiservicos.com.br)

**CEPEL - CENTRO PESQ. ENERGIA ELÉTRICA**

[www.cepel.br](http://www.cepel.br)

**CIA. METROPOLITANO S. PAULO - METRÔ**

[www.metro.sp.gov.br](http://www.metro.sp.gov.br)

**CONFAB TUBOS S/A**

[www.confab.com.br](http://www.confab.com.br)

**CONSUPLAN CONS. E PLANEJAMENTO LTDA.**

[www.consuplan-es.com](http://www.consuplan-es.com)

**DE NORA DO BRASIL LTDA.**

[www.denora.com](http://www.denora.com)

**DETEN QUÍMICA S/A**

[www.deten.com.br](http://www.deten.com.br)

**D. F. OYARZABAL**

[oyarza@hotmail.com](mailto:oyarza@hotmail.com)

**ELETRONUCLEAR S/A**

[www.eletronuclear.gov.br](http://www.eletronuclear.gov.br)

**ENGE CORR ENGENHARIA LTDA.**

[www.engecorr.ind.br](http://www.engecorr.ind.br)

**FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA**

[www.firstfischer.com.br](http://www.firstfischer.com.br)

**FISCHER DO BRASIL – TECNOLOGIAS DE MEDIÇÃO**

[www.helmut-fischer.com.br](http://www.helmut-fischer.com.br)

**FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A**

[www.furnas.com.br](http://www.furnas.com.br)

**G P NIQUEL DURO LTDA.**

[www.grupogp.com.br](http://www.grupogp.com.br)

**GCP DO BRASIL PROTEÇÃO CATÓDICA LTDA.**

[www.gcpdobrasil.com.br](http://www.gcpdobrasil.com.br)

**HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.**

[www.hita.com.br](http://www.hita.com.br)

**IEC INSTALAÇÕES E ENGª DE CORROSÃO LTDA.**

[www.iecengenharia.com.br](http://www.iecengenharia.com.br)

**INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE**

[www.mackenzie.com.br](http://www.mackenzie.com.br)

**INT – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA**

[www.int.gov.br](http://www.int.gov.br)

**ITAGUAÍ CONSTRUÇÕES NAVAIS – ICN**

[qualidade@icnavais.com](mailto:qualidade@icnavais.com)

**JATEAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.**

[www.jatear.com](http://www.jatear.com)

**JOTUN BRASIL IMP. EXP. E IND. DE TINTAS LTDA.**

[www.jotun.com](http://www.jotun.com)

**MANGELS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.**

[www.mangels.com.br](http://www.mangels.com.br)

**MARIA A. C. PONCIANO – ME**

[www.gsimacae.com.br](http://www.gsimacae.com.br)

**MAX EVOLUTION LTDA.**

[www.maxpinturas.com.br](http://www.maxpinturas.com.br)

**MORKEN BRA. COM. E SERV. DE DUTOS E INST. LTDA.**

[www.morkenbrasil.com.br](http://www.morkenbrasil.com.br)

**MUSTANG PLURON QUÍMICA LTDA.**

[www.mustangpluron.com](http://www.mustangpluron.com)

**NOF METAL COATINGS SOUTH AMERICA**

[www.nofmetalcoatings.com](http://www.nofmetalcoatings.com)

**NOVA COATING TECNOLOGIA, COM. SERV. LTDA.**

[www.novacoating.com.br](http://www.novacoating.com.br)

**OPEMACS SERVIÇOS TÉCNICOS LTDA.**

[www.opemacs.com.br](http://www.opemacs.com.br)

**PETROBRAS S/A - CENPES**

[www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br)

**PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO**

[www.transpetro.com.br](http://www.transpetro.com.br)

**PINTURAS YPIRANGA**

[www.pinturasypiranga.com.br](http://www.pinturasypiranga.com.br)

**POLIFLUOR IND. E COM. DE PLÁSTICOS LTDA.**

[www.polifluor.com.br](http://www.polifluor.com.br)

**PORTCROM INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA.**

[www.portcrom.com.br](http://www.portcrom.com.br)

**PPG IND. DO BRASIL TINTAS E VERNIZES**

[www.ppgpmc.com.br](http://www.ppgpmc.com.br)

**PPL MANUTENÇÃO E SERVIÇOS LTDA.**

[www.pplmanutencao.com.br](http://www.pplmanutencao.com.br)

**PRESSERV DO BRASIL LTDA.**

[www.presservbrasil.com.br](http://www.presservbrasil.com.br)

**PREZIOSO DO BRASIL SERV. IND. LTDA.**

[www.prezioso.com.br](http://www.prezioso.com.br)

**PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.**

[www.promarpintura.com.br](http://www.promarpintura.com.br)

**QUÍMICA INDUSTRIAL UNIÃO LTDA.**

[www.tintasjumbo.com.br](http://www.tintasjumbo.com.br)

**RENNER HERMANN S/A**

[www.rennercoatings.com](http://www.rennercoatings.com)

**RESINAR MATERIAIS COMPOSTOS**

[www.resinar.com.br](http://www.resinar.com.br)

**REVESTIMENTOS E PINTURAS BERNARDI LTDA.**

[bernardi@pinturasbernardi.com.br](mailto:bernardi@pinturasbernardi.com.br)

**RUST ENGENHARIA LTDA.**

[www.rust.com.br](http://www.rust.com.br)

**SACOR SIDEROTÉCNICA S/A**

[www.sacor.com.br](http://www.sacor.com.br)

**SHERWIN WILLIAMS DO BRASIL - DIV. SUMARÉ**

[www.sherwinwilliams.com.br](http://www.sherwinwilliams.com.br)

**SMARTCOAT – ENG. EM REVESTIMENTOS LTDA.**

[www.smartcoat.com.br](http://www.smartcoat.com.br)

**SOFT METAIS LTDA.**

[www.softmetais.com.br](http://www.softmetais.com.br)

**TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLÍVIA-BRASIL**

[www.tbq.com.br](http://www.tbq.com.br)

**TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.**

[www.tsodobrasil.srv.br](http://www.tsodobrasil.srv.br)

**TECNOFINK LTDA.**

[www.tecnofink.com](http://www.tecnofink.com)

**TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.**

[www.tinocoanticorrosao.com.br](http://www.tinocoanticorrosao.com.br)

**ULTRABLAST SERVIÇOS E PROJETOS LTDA.**

[www.ultrablast.com.br](http://www.ultrablast.com.br)

**UTC ENGENHARIA S.A.**

[www.utc.com.br](http://www.utc.com.br)

**VCI BRASIL IND. E COM. DE EMBALAGENS LTDA.**

[www.vcibrasil.com.br](http://www.vcibrasil.com.br)

**WEG TINTAS**

[www.weg.net](http://www.weg.net)

**W&S SAURA LTDA.**

[www.wsequipamentos.com.br](http://www.wsequipamentos.com.br)

**ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.**

[www.zerust.com.br](http://www.zerust.com.br)

**ZINCOLIGAS IND. E COM. LTDA.**

[www.zincoligas.com.br](http://www.zincoligas.com.br)

# SUPERSELAGEM PARA ANODIZAÇÃO DO ALUMÍNIO E DE SUAS LIGAS

## LL - Hard Superseal 2S

### Superproteção para perfis e lâminas

- ★ Altíssimo desempenho anticorrosivo
- ★ Proteção eficiente contra a ação de compostos alcalinos
- ★ Excelente aplicação em perfis e lâminas voltados à construção civil (proteção contra a deterioração ao contato com o concreto, cal, cimento ou com produtos de limpeza alcalinos)
- ★ Testes na indústria automotiva comprovam seu excepcional desempenho como revestimento de selagem anódica contra compostos alcalinos (Volkswagen TL 212 e outros)
- ★ Selagem a quente, a frio ou à média temperatura.

**Lançamento Mundial**



**Tecnologia italiana**



**ITALTECNO**  
DO BRASIL LTDA.

Av. Angélica 672 • 4º andar  
01228-000 • São Paulo • SP  
Tel.: (11) 3825-7022  
escrit@italtecno.com.br  
www.italtecno.com.br