

# Corrosão & Proteção

ABRACO

ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão

APORTE  
EDICIONAL

Ano 6  
Nº 25  
Jan/Fev 2009

## ENTREVISTA

*Laerce de Paula Nunes,  
presidente da ABRACO*

INIBIDORES DE CORROSÃO

# O AVANÇO DAS TECNOLOGIAS LIMPAS

# Corrolux®

## Processo para atender as mais altas exigências da indústria automobilística

Cr(VI)-free



As normas europeias para ELV (End of Live Vehicle - Fim de vida dos automóveis) determina que a partir de 1º de julho de 2007 o teor de Cr (VI) nos depósitos preventivos contra corrosão estará restrito a 0,1 % em peso. Os fornecedores da indústria automotiva deverão garantir produtos isentos de Cr (VI).

Corrolux é a combinação de passivador e selante. Oferece excelente desempenho contra a corrosão e atende 100 % as diretrizes ELV e demandas da indústria automotiva. Para atender suas necessidades específicas disponibilizamos uma grande variedade de combinações do processo Corrolux.

### Características e Benefícios

- Completamente livre de Cr (VI).
- Transparente ou negro.
- Excelente aderência em depósitos de Zn e Zn - Ligas.
- Alta resistência a corrosão mesmo após tratamento térmico.
- Fácil tratamento de efluentes.

Corrolux é aprovado para atender as mais altas exigências da indústria automobilística.

| Name               | Processo Definition<br>Passivator/ Sealer/ Lubricant             | Approved by   |
|--------------------|--|---|
| Corrolux 510       | Codex 318Black Extreme<br>+ Corrosi Plus 301 80                  | General Motors GMW 3044   |
| Corrolux 550       | Eco Die Eco 11 HC<br>+ Corrosi Plus 301 80                       | Ford WPS 7A21 - 714 A2<br>General Motors GMW 3044<br>Hussner N/A 4 10L<br>Hussner 01 - 11 - 002 - 11<br>TRW Automotive TR 2 - 21 - 78 |
| Corrolux 550L      | Eco Die Eco 11 HC<br>+ Corrosi Plus 301 80<br>+ Hussner Lube 190 | General Motors GMW 3044   |
| Corrolux Black 500 | Codex 318Black Zoff<br>+ Corrosi Plus 301 80                     | Hussner 01 - 11 - 002 - 11  |

Atotech do Brasil Galvanotécnica Ltda.  
•Rua Maria Patrícia da Silva, 205  
•Jardim Isabela  
•06787-480 – Taboão da Serra – SP  
•Fone: 0 XX 11 4138 9900  
•Fax: 0 XX 11 4138 9909  
•SEA: 0800 55 91 91  
•E-mail: atotech@atotech.com.br  
www.atotech.com.br

 **ATOTECH**



6

## Entrevista

*Com a palavra: o presidente  
Laerce Nunes*

8

## Matéria de Capa

*O avanço das tecnologias limpas*

16

## Notícias do Mercado

34

## Opinião

*Ética empresarial, saúde e segurança  
Mário Ernesto Humberg*

## Artigos Técnicos

18

*Fosfatização de Metais Ferrosos  
Parte 16 – Decapagem  
e tratamento mecânico  
Por Zehbour Panossian  
e Célia A. L. dos Santos*

22

*Noções Básicas sobre Processo  
de Anodização do Alumínio  
e suas Ligas – Parte 12  
Por Adealval Antônio Meneghesso*

26

*A corrosão por corrente alternada  
em dutos instalados sob linhas de  
transmissão elétrica – Parte 2  
Por Sérgio E. A. Filho (compilador)*

## Errata

No artigo "A contribuição das LCRs no revestimento de poços", no intertítulo "As LCRs" – páginas 11 e 12, o trecho a seguir está incorreto: O segundo grupo, mais ligado, é formado pelos aços inoxidáveis duplex e superduplex, os quais podem ser usados em limitadas condições de H2S na maioria das ligas austeníticas, apresentando mecânica superior. Quando o correto é: O segundo grupo, mais ligado, é formado pelos aços inoxidáveis duplex e superduplex, os quais podem ser usados em limitadas condições de H2S e apresentam resistência mecânica superior às ligas austeníticas.



A revista **Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968, e tem como objetivo congrega toda a comunidade técnico-empresarial do setor, difundir o estudo da corrosão e seus métodos de proteção. ISSN 0100-1485

Av. Venezuela, 27, Cj. 412  
Rio de Janeiro – RJ – CEP 20081-311  
Fone: (21) 2516-1962/Fax: (21) 2233-2892  
www.abraco.org.br

### Diretoria

*Presidente*  
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC  
*Vice-presidente*  
Eng. João Hipólito de Lima Oliver –  
PETROBRAS/TRANSPETRO  
*Diretora Financeira*  
Dra. Olga Baptista Ferraz – INT  
*Gerente Administrativo/Financeiro*  
Walter Marques da Silva

### Diretoria Técnica

Eng. Alysso H. Santos Bueno – Akzo Nobel  
Eng. Fernando Benedicto Mainier – UFF

Eng. Fernando de Loureiro Fragata – CEPEL  
Mauro José Deretti – WEG  
M.Sc. Neusvaldo Lira de Almeida – IPT  
Dra. Olga Baptista Ferraz – INT  
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ

### Conselho Editorial

Eng. Aldo Cordeiro Dutra – INMETRO  
Dra. Denise Souza de Freitas – INT  
M.Sc. Gutemberg Pimenta – PETROBRAS - CENPES  
Eng. Jorge Fernando Pereira Coelho  
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC  
Dr. Luiz Roberto Martins Miranda – COPPE  
Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite  
Dra. Zehbour Panossian – IPT

### 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  
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 – Université  
Grenoble – França  
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ

### 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

### Repórteres

Henrique A. Dias e Carlos Sbarai

### Projeto Gráfico/Edição

Intacta Design - info@intactadesign.com

### Gráfica

Van Moorsel

*Esta edição será distribuída em março de 2009.*

*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.*

## Avestruz ou leão?

**V**ENDER BEM QUANDO A DEMANDA ESTÁ EM ALTA É TAREFA RELATIVAMENTE FÁCIL PARA QUEM TEM bons produtos, preços compatíveis, logística e financiamento. Claro que existem riscos, mas por serem situações com variáveis bastante conhecidas das empresas, os sobressaltos são menores e mais fáceis de serem absorvidos.

O empresariado nacional é marcado por sua criatividade em momentos conturbados da economia, tendo em vista que estes não foram raros nem longínquos (temos uma inflação estável a pouco mais de uma década por exemplo, depois de mais de 20 anos sofrendo com esse cenário de instabilidade).

Essa dinâmica nos ensinou que quando o mercado está em retração é preciso, acima de tudo, colocar em prática a criatividade na busca de nichos e demandas reprimidas por produtos e serviços, além, é claro, de estar “antenado” com as expectativas e novos padrões de consumo e de gastos que essa crise global vem impondo a diversos setores da economia. De qualquer forma, a estratégia “avestruz” evidentemente não trará recuperação, ânimo e sustentação para ninguém.

Os clientes continuam firmes nos mesmos propósitos de serem atendidas e superadas as expectativas que mantêm em relação aos seus desejos. Do hambúrguer à Ferrari.

Mais que isso, o encantamento do consumidor é hoje fundamental para manter a satisfação e a fidelidade dos clientes, que trarão recompensas significativas na propagação positiva de empresas, produtos, serviços e marcas.

O governo se esforça ao anunciar investimentos em projetos de infraestrutura, responsáveis pela manutenção e contratação de profissionais das mais diversas áreas de atividades. Também não tem falta de estímulo ao consumo e ao financiamento. Além disso, a projeção

indica um modesto crescimento econômico para 2009, que pode ser avaliado como animador em função da conjuntura global.

A PETROBRAS concentra a maior parte de investimentos do governo, alguns modelos de automóveis estão com 60 dias de espera para entrega, algumas empresas voltaram a efetivar turnos de trabalho cancelados. E o que estamos fazendo para reverter o processo de estagnação? Estamos nos comportando como um “avestruz” que coloca a cabeça num buraco quando se vê ameaçado, na tentativa de não ser visto? Temos que encontrar o comportamento leonino que existe dentro de nós e caçar em grupo para que todos sobrevivam. Assim, emerge-se de uma crise muito mais fortalecido do que quando nela se entrou. Essa pode ser a escolha de sua empresa. Pense nisso.

Quando o mercado não está em expansão, crescer pode significar tomar o mercado do concorrente. Como os leões, é preciso demarcar constantemente o território conquistado e ainda ampliá-lo para garantir o futuro do grupo, protegendo-o contra invasores que possam se aventurar em invadi-lo. Em condições favoráveis, o rugido do leão pode ser ouvido a mais de oito quilômetros de distância.

O marketing de sua empresa tem impressionado a concorrência?

**No alvo** – Estratégias precisas de marketing e comunicação em tempos atribulados é uma forte alavanca para continuar na caminhada do desenvolvimento. A **Revista Corrosão & Proteção**, por exemplo, pelo seu conteúdo editorial e apresentação gráfica, atinge altos índices de leitura por parte de profissionais qualificados, influentes na especificação e decisão na compra de insumos para o setor. Maximiza a identificação de clientes predeterminados na aquisição de produtos e serviços, invertendo a via convencional de acesso ao mercado.

Mais racional e mais econômica alternativa de obter resultados em um mercado de dimensões continentais. Faça da **Revista Corrosão & Proteção** uma parceira da sua empresa e sigamos juntos e determinados na busca de resultados positivos.

Boa Leitura!

Os Editores

*Em condições favoráveis,  
o rugido do leão pode ser ouvido  
a mais de oito quilômetros de distância.  
O marketing de sua empresa  
tem impressionado a concorrência?*



Laerce Nunes

## Com a palavra: o presidente

Por Henrique Dias

**D**e volta à presidência da Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO), após nove anos, o engenheiro Laerce de Paula Nunes iniciou, no último dia 2 de janeiro, sua segunda gestão à frente da entidade, desta vez para o biênio 2009/2010. Para falar sobre a nova diretoria, eleita pelos associados em dezembro de 2008, e sobre o planejamento da ABRACO para o ano que se inicia, em suas diversas áreas de atuação, Nunes recebeu a *Revista Corrosão & Proteção*, na sede da instituição, no Rio de Janeiro.

“Nós conseguimos formar uma das diretorias mais completas dos últimos tempos, uma vez que reunimos pessoas conhecidas no mercado, e de diferentes universidades, empresas privadas e órgãos públicos. Neste mês de janeiro, todas as reuniões feitas na sede da associação contaram com a presença maciça dos membros da diretoria, o que mostra o comprometimento e a motivação desse grupo em fazer com que a ABRACO continue em sua curva de crescimento. Outro ponto positivo foi a eleição do vice-presidente, visto que nos anos anteriores a escolha era feita por indicação e não por votação. Tenho certeza, que o Professor João Hipólito terá todo o apoio necessário, e vai estar bem preparado quando assumir a presidência da ABRACO no biênio 2011/2012.”

### EVENTOS

“Em 2009, nosso principal evento é a 10ª COTEQ – Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos, que será realizada entre os dias 12 e 15 de maio, no Hotel Bahia Othon Palace, em Salvador. Estaremos participando deste importante evento ao lado de outras entidades, como o Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP) e a Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção (ABENDE). Afora isso, estamos nos programando para organizar alguns seminários setoriais para discutirmos assuntos específicos como, por exemplo, tratamento de superfícies, inibidores de corrosão, proteção catódica e revestimentos metálicos. Aliás, este último tema é de fundamental importância técnica e tem sido muito pouco abordado ao longo dos anos.”

### CURSOS

“Além de continuarmos com a mesma programação dos anos anteriores, inclusive com o nosso principal curso – Formação de Inspectores de Pintura, pretendemos lançar outros. Com a aprovação da nova norma brasileira de qualificação e certificação, um dos cursos que iremos de-

“ O propósito da ABRACO é desenvolver e disseminar o conhecimento, e a descoberta da camada do pré-sal é uma oportunidade que não podemos perder ”

envolver será o de formação de Inspectores de Proteção Catódica. Outra de nossas metas para 2009 é aprimorar ainda mais o material didático utilizado em nossos cursos.”

### PARCERIAS

“Faz parte do nosso planejamento estratégico para este biênio, a busca de novas parcerias. A primeira delas, que já está em desenvolvimento, será com a Rede Petro, de Salvador. Trata-se de uma associação que congrega micro e pequenas empresas de petróleo e gás natural da Bahia, e de outras partes do Nordeste. Outro tipo importante de parceria que temos a pretensão de buscar, diz respeito às entidades de classe como, por exemplo, os Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).”

### PETROBRAS

“A PETROBRAS é de fundamental importância para a ABRACO.

Nossa associação sempre esteve muito ligada aos projetos desenvolvidos pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), mas, este ano, a tendência é que estreitemos as relações com a parte de engenharia da PETROBRAS e com a TRANSPETRO, através de nosso vice-presidente, João Hipólito. Essa diversificação no relacionamento com a PETROBRAS será importante para fortalecer a ABRACO.”

### PRÉ-SAL

“O propósito da ABRACO é desenvolver e disseminar o conhecimento, e a descoberta da camada do pré-sal é uma oportunidade que não podemos perder. Uma iniciativa interessante seria incluir o tema pré-sal nos seminários que iremos realizar durante este ano. Sem dúvida, esta é uma das formas de discutirmos esse assunto dentro das nossas atividades.”

### REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO

“Na minha opinião, a *Revista Corrosão & Proteção* está com um bom padrão, mas nós podemos encontrar meios para torná-la ainda melhor. Uma das maneiras de fazer isso é buscar novos associados que invistam na revista e a tenham como uma ferramenta de apoio, divulgação e conhecimento.”

### PUBLICAÇÃO DE LIVROS

“Uma das funções da ABRACO é buscar a produção de literatura técnica na área de corrosão. Sendo assim, o associado que tiver um bom material deve nos trazer para análise, e, em caso de aprovação, a associação ajudará na publicação desse material. Muitas vezes, a maior dificuldade do autor para publicar um livro é o seu custo ini-

cial, mas, a partir do momento, que ele encontra um parceiro tudo fica mais fácil. O IBP tem feito isso e vem conseguindo bons resultados junto às editoras.”

### MENSAGEM AOS ASSOCIADOS

“Gostaria de dizer, que a nossa diretoria irá trabalhar sempre de forma coletiva, com a intenção de colocar a ABRACO em um patamar de maior importância no cenário nacional. Foi para isso que nós fomos escolhidos, e esse é o retorno que precisamos dar aos associados. Nós faremos tudo o que pudermos, principalmente em relação a novos serviços, com a finalidade de melhorar o nível de informação para os profissionais que trabalham na área de corrosão, não só no Rio de Janeiro e em São Paulo, mas em todas as partes do Brasil.”

### MENSAGEM AO MERCADO

“É de fundamental importância que empresas imbuídas de interesses comuns unam suas forças na busca de soluções que, direta ou indiretamente, acabem favorecendo a todos que militam em um determinado segmento. Os resultados das iniciativas da ABRACO contribuem não apenas com os associados, mas com todos, empresas e profissionais que se dedicam ao estudo da prevenção e controle da corrosão. Precisamos compartilhar nossos conhecimentos e nossas necessidades.

Estudos dimensionam índices de até 3% do Produto Interno Bruto – PIB de cada país com os gastos em prevenção, controle, manutenção e inatividade de equipamentos e componentes. São números extremamente relevantes e que demonstram a importância de ações que possam minimizar esses custos.

Segundo o relatório do Fundo Monetário Internacional – FMI, o valor do PIB mundial em 2007 foi de 54 trilhões de dólares americanos, sendo 1,62 trilhão em gastos globais com corrosão. Se projetarmos os mesmos cálculos para o PIB brasileiro, estaremos falando em valores correspondentes a 39,4 bilhões para o setor de corrosão, algo equivalente à participação da indústria automobilística nacional no PIB brasileiro dentro do mesmo período.

Como lidar com um mercado de tamanha expressão se não estivermos organizados, unidos, preparados e em sintonia com toda a comunidade técnico-empresarial do setor? A sinergia é a força que nos unirá.”

### A NOVA DIRETORIA

#### Presidente:

Laerce de Paula Nunes – Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda. (IEC)

#### Vice-Presidente:

João Hipólito de Lima Oliver – PETROBRAS Transportes S/A (TRANSPETRO)

#### Diretores:

Alysson Helton Santos Bueno – Akzo Nobel Ltda.

Fernando Benedito Mainier – Universidade Federal Fluminense (UFF)

Fernando de Loureiro Fragata – Centro de Pesquisas Elétricas (CEPEL)

Mauro José Deretti – WEG Indústrias S/A

Neusvaldo Lira de Almeida – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

Olga Baptista Ferraz – Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Simone Louise Delarue Cezar Brasil – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

**Mais informações sobre a ABRACO no site [www.abraco.org.br](http://www.abraco.org.br).**



Conjunto das Químicas

## O avanço das tecnologias limpas

*Os inibidores de corrosão são fundamentais para garantir a produtividade dos dutos. A nanotecnologia e cuidados ambientais devem alterar radicalmente esse mercado*

*Por Carlos Sbarai e Henrique Dias*

**A**o longo dos anos, com o desenvolvimento dos processos químicos, milhares de novos produtos vêm sendo lançados no mercado mundial. As formulações permitem uma grande variedade de novos produtos, abarcando desde novas atribuições a um sabão em pó, encontrado em qualquer supermercado, até uma complexa formulação de inibidores de corrosão, usada para aumentar a vida útil de um duto de petróleo, por exemplo. Mas, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a maioria dessas formulações jamais foi estudada com vistas ao comprometimento da qualidade de vida do homem. Sendo assim, faz-se necessário o desenvolvimento de uma tecnologia limpa para a utilização dos inibidores de corrosão, e isso inclui uma avaliação cuidadosa dos produtos químicos usados, assim como das técnicas de proteção ambiental.

“O inibidor de corrosão é um produto que se adiciona ao meio com a intenção de diminuir a sua agressividade em relação aos metais. A vantagem do seu uso, além de diminuir os custos, é continuar trabalhando com o mesmo material, e a desvantagem é que são produtos altamente tóxicos. No passado, não existia nenhum tipo de prevenção quanto à utilização dos inibidores de corrosão, uma vez que a preocupação com o meio ambiente e com a saúde do trabalhador era mínima. Hoje, as coisas mudaram e um exemplo disso é que, antigamente, o uso dos cromatos pelas indústrias era

de 5.000 ppm (parte por milhão) e, atualmente, não pode ultrapassar 0,05 ppm, tendo como base uma das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)”, explica Fernando Mainier, professor titular da Escola de Engenharia Química e Petróleo da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Utilizados com frequência na indústria petrolífera, os inibidores de corrosão têm grande eficiência na proteção interna de oleodutos, gasodutos e caldeiras, e os primeiros registros do uso dessas substâncias datam do ano de 1921. Naquela época, foi utilizado silicato de sódio na proteção do aço-carbono exposto a águas agressivas. Na década de 30, do século passado, vários compostos orgânicos como: toluidinas, fenilhidrazina, piridinas, dimetilamina, entre outros, aparecem, juntamente com o óxido de arsênio, na decapagem de aço-carbono. Chegam os anos 40, e o cromato de sódio se destaca na proteção anticorrosiva dos sistemas de água de refrigeração. A partir da década de 50, nota-se um avanço da tecnologia dos inibidores de corrosão na obtenção de produtos orgânicos com grande capacidade de adsorção e formação de filmes aderentes à superfície metálica.

“Tanto os produtos orgânicos, quanto o cromato de sódio e o óxido de arsênio são substâncias de alta toxicidade. Vale lembrar que o banimento dos compostos de arsênio, utilizados nos sistemas de acidificação, ocorreu a partir da década de 70. Quanto ao cromato, tem havido uma redução do seu uso e, sendo assim, novos caminhos já indicam a aplicação de molibdatos e outros produtos”, observa Mainier. Segundo o professor da UFF, as grandes empresas praticamente desativaram a utilização do cromato nos sistemas de refrigeração, porém, o mesmo não acontece nas pequenas e médias. Estima-se que 90% destas empresas, localizadas no Rio de Janeiro e em São Paulo, ainda usam o cromato na ordem de 600 ppm a 1000 ppm. “Atualmente, existe uma preocupação ambiental no sentido de minimizar, ou utilizar produtos não tóxicos e compatíveis com o meio ambiente. Daí a necessidade da criação de tecnologias limpas direcionadas aos inibidores de corrosão”, afirma Mainier.

A tecnologia limpa pode ser definida como o conjunto de métodos e de técnicas que objetiva a minimização dos resíduos, e tem como eixo central a preservação do meio ambiente. As matérias-primas e a energia necessárias ao processo devem ser otimizadas e integradas ao ciclo de produção e consumo, a fim de minimizar o impacto ambiental. A operação e os equipamentos envolvidos devem ser gerenciados com base na gestão crítica, sempre visando diminuir a pos-



*Fernando Mainier, professor titular da Escola de Engenharia Química e Petróleo da Universidade Federal Fluminense (UFF)*

*Isabel Guedes,  
professora da  
Universidade  
de São Paulo  
(USP)*



sibilidade de falhas e danos. E uma ferramenta importante no desenvolvimento de todo esse processo, que tem como principal finalidade a melhoria da qualidade de vida do homem, é o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), cujo escopo é apresentar informações atualizadas sobre as mudanças ambientais aos governos, às indústrias e a todos que delas necessitarem.

“É difícil fazer previsões, entretanto, é fundamental o estabelecimento da responsabilidade diante do futuro, principalmente sobre a questão dos contaminantes e da geração de resíduos. De certa forma, tais problemas podem ser resolvidos através de uma avaliação de impacto ambiental, ou seja, um estudo para identificar e prevenir as consequências ambientais que determinadas ações, projetos e instalações industriais possam causar à saúde, à segurança e ao bem-estar dos seres humanos e seu entorno. Faz-se necessário o desenvolvimento de uma consciência técnica crítica, que deve ser construída na sociedade, sobretudo dentro das universidades, visando o entendimento das rotas industriais, as qualificações e as quantificações dos possíveis contaminantes e resíduos gerados durante o processo industrial. E, como meta, devemos buscar rotas que



*Idalina Aoki, professora e doutora da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP)*

possam prever o passivo ambiental e convergir para tecnologias limpas”, avalia Mainier.

A professora da Universidade de São Paulo – USP, Isabel Guedes, reforça a postura do professor Mainier. Segundo ela atualmente estudar inibidores de corrosão exige não apenas inibir a corrosão dos materiais metálicos e suas ligas, mas sobretudo não agredir o meio ambiente. “Nos últimos anos o mercado vem exigindo aditivos e pigmentos inibidores de corrosão isentos de metais pesados, além de produtos que ofereçam desempenho superior aos produtos tradicionalmente utilizados”, comenta Isabel.

### **Nanotecnologia**

Nos estudos recentes relacionados aos inibidores de corrosão, à questão ambiental deve-se somar aos esforços relacionados à aplicação de nanotecnologia no setor. Para Idalina Vieira Aoki, professora e doutora do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, a nanotecnologia terá, em um futuro próximo, uma grande participação nos conceitos de proteção anticorrosiva, principalmente quanto às tecnologias baseadas em moléculas híbridas organo-inorgânicas. “Trata-se da união das vantagens da parte inorgânica de uma excelente proteção com a ótima ancoragem da parte orgânica fazendo o papel de barreira. As inovações ocorridas nos últimos anos nesse segmento têm como foco o desenvolvimento de produtos considerados atóxicos ou isentos de metais controlados que podem oferecer desempenho igual ou até superior aos pigmentos baseados em metais pesados”.

Para a pesquisadora atualmente os holofotes estão voltados para o uso de inibidores de corrosão ecológicos, evitando-se os cromatos sempre que possível. “O cromato de zinco tem sido um dos mais eficientes aditivos no combate a ferrugem e corrosão, porém as novas leis ambientais e de saúde limitaram o uso desse produto. A utilização deste produto deve acabar, tanto é que na Europa seu uso já é proibido. Vale lembrar que a utilização de óleos minerais, que funcionam como uma excelente barreira física contra ar e umidade está sendo gradativamente diminuída por demandarem uma linha de desengraxamento para sua remoção, antes da aplicação de um sistema de pintura, por exemplo”.

Idalina Aoki aponta outro processo que tem atraído considerável interesse dos pesquisadores: o uso da tecnologia sol-gel para produzir

quer pré-tratamentos anticorrosivos quanto materiais sensores para aplicações analíticas. A aplicação dá-se devido a numerosos fatores, como a facilidade de fabricação, a flexibilidade do projeto de síntese e o fato das enzimas incluídas na matriz de sol-gel (caso dos biossensores) para manter a sua respectiva atividade catalítica. Dentro dessa linha, pode-se destacar duas resinas, uma à base silanos, usada para a solução de resina de silicone modificada com íons de terras raras ou moléculas orgânicas de inibidores de corrosão, e os compósitos carbono-cerâmicos, mais precisamente à base de óxidos de zircônio, uma variação do processo sol-gel, a qual visa uma maior proteção para a superfície dos metais. “Os biossensores construídos com materiais híbridos impregnados por enzimas apresentam uma lenta lixiviação dos mediadores somente após longos períodos de utilização e podem servir de modelo para a formulação de revestimentos impregnados de inibidores de corrosão que seriam liberados da matriz de forma controlada ou quando necessário”, comenta Idalina Aoki.

Ainda no campo da nanotecnologia, Isabel Guedes alerta que, devido às dimensões em que esses materiais são trabalhados, a ciência ainda desconhece por completo os efeitos resultantes desses materiais manipulados. Porém, não se questiona que o caminho será esse e a indústria se encontra em estágio de desenvolvimento em algumas aplicações, como tintas com poder de auto-recuperação. São os chamados revestimentos “inteligentes” que se auto-recuperam quando danificados e tem a capacidade de liberar substâncias que combatem a corrosão.

A pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado



*Zehbour Panossian, pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)*

de São Paulo, responsável pelo Laboratório de Corrosão e Proteção Zehbour Panossian, também acredita que o segmento caminha a passos largos no que diz respeito à utilização de inibidores de corrosão ecologicamente correto. E essa postura decorre também em função da conquista de novos investimentos. “Em

# GEOMET®

## REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS DE ALTA PERFORMANCE

**WORKER**  
NÃO UTILIZA SOLVENTES NOCIVOS À SAÚDE  
**FRIENDLY**  
ECOLOGICAMENTE CORRETO

- PRODUTOS EM BASE AQUOSA
- ISENTOS DE CRÔMIO E METAIS NOCIVOS
- BAIXA ESPESSURA DE CAMADA
- ALTÍSSIMA RESISTÊNCIA À CORROSÃO
- AUSÊNCIA TOTAL DE FRAGILIZAÇÃO POR HIDROGÊNIO
- COEFICIENTE DE ATRITO CONTROLADO
- OPÇÃO DE ACABAMENTO NA COR PRETA
- APLICAÇÃO EM PARAFUSOS, PORCAS, MOLAS, ESTAMPADOS, DISCOS DE FREIO, CONJUNTOS MONTADOS, ETC.
- MUNDIALMENTE DISPONÍVEL E ESPECIFICADO EM NORMAS AUTOMOTIVAS

**METAL COATINGS BRASIL**

Liderança Mundial em Revestimentos Organometálicos

Rua Minas Gerais, 85 - Vila Oriental - CEP 09941-760 - Diadema - SP - Brasil  
 Tel: +55 (11) 4071-6651 - Fax: +55 (11) 4071-4118 - e-mail: [geometa@terra.com.br](mailto:geometa@terra.com.br) - internet: [www.metalcoatings.com.br](http://www.metalcoatings.com.br)

qualquer setor, sempre que se trata de garantir o menor impacto ecológico, tanto os órgãos governamentais como a iniciativa privada, participam com fortes investimentos com o objetivo de conseguir um produto não tóxico. E não é diferente com as empresas do setor de inibidores”.

Américo Apóstolo, gerente da Dorf Ketal



## Empresas

A *Revista Corrosão e Proteção* consultou empresas do mercado nacional de inibidores de corrosão para que comentassem a aplicação, eficiência, inovações e outras questões relacionadas ao tema. Via de regra, a aplicação do inibidor de corrosão na indústria do petróleo é contínua, ou seja, uma bomba dosadora envia o produto inibidor puro para um sistema de diluição em linha (chamada sistema *slip stream*) com algum solvente específico como nafta, que na frequência, o inibidor mais o solvente entram no sistema através de um bico de aspersão à montante do ponto que se deseja proteger. Esse inibidor tenderá a seguir o fluxo onde foi injetado e ocorrerá a proteção do sistema pela distribuição pela superfície metálica por todos os equipamentos por onde o inibidor irá passar. Como existem diferentes sistemas, também existem diferentes inibidores que se adaptam para cada situação e para cada conjunto sistema/inibidor de corrosão/situação haverá um procedimento e equipamentos de aplicação de inibidor de corrosão específico.

O sistema de aplicação geralmente é simples, e a manutenção dos equipamentos de dosagem (bombas dosadoras), quando corretamente dimensionados, é esporádica exigindo recursos mínimos para manter o sistema em perfeita operação. A manutenção do sistema não necessita ser local, ou seja, quando uma bomba dosadora que injeta o inibidor de corrosão apresenta algum defeito mais complicado, a mesma pode ser rapidamente substituída por uma outra, enquanto a primeira segue para manutenção, evitando qualquer trabalho de manutenção na área aonde a aplicação está ocorrendo, com isso evita riscos desnecessários aos trabalhadores envolvidos na manutenção. “O suporte e consultorias técnicas que a empresa tratadora pode oferecer para a refinaria no sentido de efetuar recomendações, ajustar rotas, interpretar resultados, é de suma importância no sucesso de uma aplicação”, comenta Américo Apóstolo, gerente da Dorf Ketal.

Apóstolo avalia inicialmente que as propriedades da barreira formada pelos inibidores dependerão do produto que está sendo utilizado e da superfície que se deseja proteger, assim como as condições do meio, como temperatura. “Existem inibidores orgânicos e inorgânicos, com mecanismos de formação da barreira totalmente distintos. Normalmente caso o meio agressivo apresenta pH com valores reduzidos, abaixo do ponto da neutralidade, é necessária utilização coadjuvante de amins neutralizantes ou qualquer outro composto alcalino para ajustar o pH em valores ótimos. Este valor ótimo de ajuste de pH vai depender da indústria, do sistema, dos contaminantes, do meio agressivo, do tipo de inibidor de corrosão filmico, da metalurgia ou material que se quer proteger, e de mais outras diversas variáveis”, comenta Apóstolo.

A Dorf Ketal anuncia que possui diversas novas tecnologias para proteção contra corrosão dos equipamentos das refinarias e petroquímicas. “Especificamente um dos mais fortes desenvolvimentos foi a tecnologia Unicor J, que se trata de um inibidor de corrosão para proteção de dutos e polidutos de transferência de combustíveis. “O desenvolvimento da Tecnologia *ColdTop* voltada principalmente para a proteção de sistemas de topo de unidades de destilação atmosférica que trabalham sob baixa temperatura tem sido

**BINDER**

Best conditions for your business

REPRESENTAÇÃO NACIONAL



### CÂMARAS DE CONTROLE CLIMÁTICO

As melhores câmaras disponíveis no mercado nacional e internacional.

Alto padrão em matéria de pesquisa e desenvolvimento bem como na fabricação e na garantia da qualidade

#### TECNOLOGIA DE ÚLTIMA GERAÇÃO

- Simulação climática
- Medição e controle
- Iluminação
- Sistemas a vácuo
- Soluções em software

Agende uma visita técnica com nossos profissionais especializados.

Tel: (11) 5188-0000 – Fax: (11) 5188-0006

www.ckltda.com.br • ckltda@ckltda.com.br

R. Cap. Otávio Machado, 618 – São Paulo – SP

o foco do outro grande desenvolvimento da empresa. Quanto mais baixa a temperatura de topo de uma coluna atmosférica maior o potencial para deposição de sais. A tecnologia compõe-se de aminas neutralizantes especiais que formam sais dentro dos sistemas e de inibidores de corrosão robustos que apresentam maior resistência à flutuações de pH comparativamente nos inibidores a base de imidazolinias convencionais.

O profissional da Dorf Ketal destaca que as duas principais frentes de trabalho da empresa na área de corrosão são: desenvolvimento de tecnologias como sequestrante de H<sub>2</sub>S livre de triazina e nitrogênio para a aplicação em petróleo, que não terá impacto no refino comparativamente à própria triazina e outras tecnologias conhecidas atualmente. “Um outro grande investimento da empresa é na área de controle da corrosão por ácidos naftênicos no processo de refino. Esses desenvolvimentos são resultado do investimento

de cerca de 5% do faturamento global em pesquisa e desenvolvimento”, diz Apóstolo.

Romeu Rovai Filho, da Dexter, explica que os inibidores são usados também na limpeza de chapas de aço com carepas. “Aí na etapa de decapagem, as usinas adicionam pequenas quantidades de inibidores, normalmente produtos orgânicos de elevado peso molecular, que agem como uma barreira, evitando ataques preferenciais. No caso dos protetores, normal-



**AlclarePS**  
PIGMENTS, INGREDIENTS & ANTICORROSIVOS

*Superando desafios*

*Mais de 30 anos de tradição  
em pinturas industriais e anticorrosivas*

Sede Administrativa:  
Praça Dr. Sérgio Vidal, 205, CJ. 003/106 - 03346-000 - Vila Formosa - São Paulo / SP  
Tel: (11) 3807-4222 / 3807-8222 / 3807-9222  
Sede Industrial:  
Rua da Semáfora, 213 - 07170-000 - Nivel Bonopesso - Guarulhos / SP - Tel: (11) 2486-1387



*Romeu Rovai Filho, gerente de Pesquisa e Desenvolvimento da Dexter*



*Paulo Sergio Soares Santiago, consultor técnico da Nalco*



*Carlos Celso Russo, diretor técnico da Adexim-Comexim*

mente são empregados nas etapas intermediárias de processos produtivos de transformação – estampagem, trefilação etc. Podem proteger a superfície metálica por algumas horas ou então por meses. Já os conversores fazem parte do grupo de produtos/processos destinados a preparar as superfícies metálicas ferrosas e não-ferrosas para outros processos posteriores de acabamento superficial, tais como: pintura a pó, pintura líquida, eletroforese, anodização etc”.

Segundo Rovai, a Dexter, tem como objetivo desenvolver e produzir produtos e processos amigáveis ao meio ambiente, com elevado padrão de qualidade e segurança ocupacional comprometendo-se permanentemente na busca de novas tecnologias. “Iniciamos as atividades da Dexter com um programa intenso de nacionalização das formulações, buscando sempre adequar de maneira eficiente as especificações da matriz, não poupando esforços para atingir a meta de todos – custo x benefício”, diz Rovai. Como destaque, ele cita o desenvolvimento e a implantação de processo para o pré-tratamento de plásticos de Engenharia, com o produto Dexasurg VL 80, que age como um desaguante e anti-estático.

O consultor técnico para

América Latina da Nalco, Paulo Sergio Soares Santiago, acredita dos inibidores de corrosão para aplicação em água industrial, eles se aplicam a quaisquer segmentos industriais: químicos, petroquímicos, siderúrgico, geração de energia, alimentos e bebidas, manufatura etc.

Das soluções mais recentes apresentadas pela Nalco, Santiago destaca o desenvolvimento de um inibidor químico e o controle de aplicação de inibidores. “O inibidor recente desenvolvido é o oligômero do ácido fosfino-succínico (PSO, em inglês) que é um derivado de fosfato orgânico (fosfonato) que tem características de atuar como inibidor catódico de corrosão e de incrustação de carbonato de cálcio, além de não reverter para orto-fosfato. O PSO atua como inibidor catódico, precipitando como um filme de Ca-PSO ou de Fe-PSO, de forma similar ao pirofosfato. O filme é formado no cátodo devido ao pH local alto, decorrente da redução do oxigênio que forma íons hidroxila. Trata-se de um filme não-condutor, eliminando a reação do oxigênio na água com os elétrons produzidos pela reação de dissociação do ferro”.

A empresa informa que investe cerca de US\$ 60 milhões anualmente em P&D, possuindo centro de pesquisas nos Estados Unidos, Europa e Ásia. No Brasil existem desenvolvimentos locais visando adequação a características específicas do país e que envolvem a divisão de Vendas, Marketing e Suporte Técnico.

A Adexim-Comexim comenta que a presença de inibidores é extensa e estando presente em toda a tinta de fundo (*primers*) automotiva e industriais, nos revestimentos pelo sistema *coil coating*, nas *primers* de tinta uso em navegação, plataformas marítimas e na linha de eletrodomésticos e imobiliária. “Uma questão importante é ressaltar que a durabilidade da aplicação é mais em função do mercado do que do próprio inibidor. Existem produtos que oferecem 20 anos de garantia, algo que exige muita responsabilidade”, afirma Carlos Celso Russo, diretor técnico da empresa. “E cada caso merece uma atenção especial, pelas condições objetivas de uso e manutenção”.

Russo ressalta que existe ainda certa resistência à substituição de algumas formulações. “Nos processos de aplicação *coil coating* para os sistemas de mais longo tempo de resistência, há uma relativa dificuldade em substituir o cromato de estrôncio por outros produtos”, pontua Russo que o aperfeiçoamento e variações de inibidores de corrosão à base de fosfatos, polifosfatos, ortofosfatos com zinco, alumínio, dentre outros, proporcionaram o desenvolvimento de inibidores de corrosão “ecológicos” de alta qualidade e que já são aplicados no Brasil.

# Dexter: soluções em tratamento de superfície

*A parceria baseada no conceito ganha-ganha é um dos pontos altos da Dexter. Todos os problemas dos clientes quanto ao tratamento de metais são avaliados como um desafio. Estudar soluções específicas que atenda necessidades peculiares é um dos nossos maiores diferenciais*

**E**specializada em produtos e processos para o tratamento de superfícies metálicas ferrosas, não-ferrosas e plásticas, a Dexter Brasil é uma subsidiária da Dexter Itália, empresa que possui um time de especialistas na Engenharia de Aplicação, que desenvolvem produtos há mais de 20 anos em diversos países europeus na área de pré-tratamento de superfícies.

A sede mundial da empresa é em Casale Litta (Varese) e no Brasil a empresa tem sede em São Paulo e vem conquistando o

Em seu portfólio de serviços, a Dexter Brasil ainda apresenta soluções em sistemas de controle e gerenciamento, tecnicamente desenvolvidos para otimizar o consumo dos produtos, reduzindo custos operacionais e de manutenção de diversos processos, tais como sistema de controle e gerenciamento automático de banhos e *long life* para desengraxantes e tanques de lavagem. “A parceria baseada no conceito ganha-ganha é um dos pontos altos da Dexter”, complementa Rovai Filho.

O suporte a esse trabalho sob medida é dado por laboratórios analíticos e tecnológicos equipados com modernos equipamentos para ensaios e testes complexos. Quanto à produção, especial atenção é dada ao controle de qualidade, fundamental para garantir a conformidade dos produtos acabados e a confiabilidade durante seu uso. “Além disso, estamos alinhados com a tendência mundial de buscar soluções que garantam a segurança ocupacional e o meio ambiente. A Dexter atua conforme a Diretiva da RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances* – Restrição de Certas Substâncias Perigosas). Trata-se de uma diretiva europeia, ainda não transformada em lei, que proíbe que certas substâncias perigosas sejam usadas em processos de fabricação de produtos: cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo hexavalente (Cr(VI)), bifenilos polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs) e chumbo (Pb)” comenta Ronald Gama, gerente técnico da Dexter Brasil.



*Romeu Rovai Filho, gerente de Pesquisa e Desenvolvimento*



*Ronald Gama, gerente técnico*

mercado a partir da oferta de soluções sob medida para o mercado industrial. “Procuramos desenvolver soluções técnicas e operacionais para a aplicação de produtos e processos ecoeficientes, com o objetivo de proporcionar elevados padrões de qualidade e a melhor relação custo-benefício em tratamento de superfície”, observa o gerente de Desenvolvimento e Pesquisa da Dexter Brasil, Romeu Rovai Filho.

## DEXTER: SOLUÇÃO ECO-EFICIENTE

A Dexter mantém rígida política de Eco-eficiência na área de Tratamento de Superfície.

### SEGMENTOS DE ATUAÇÃO

Automotivo e seus componentes  
 Limpeza Industrial  
 Linha Branca – fogões, geladeiras, ar-condicionados  
 Eletroeletrônico  
 Indústria Geral  
 Equipamentos pesados e manutenção  
 Plástico  
 Transporte e rodas  
 Prestadores de serviço – Sistemistas  
*Coil Coating*

### Mais informações:

(11) 3662-1199

[info@dexterbrasil.com.br](mailto:info@dexterbrasil.com.br)

## International atende à legislação da IMO para Tanques de Lastro

Conforme amplamente divulgado, está em vigor a nova legislação da IMO projetada para se alcançar uma expectativa de durabilidade de no mínimo 15 anos em tanques de lastro de obras novas com >500 GT (*Gross Tonelage*) e cascos duplos de graneleiros de 150m ou mais de comprimento.

A norma IMO MSC.215(82) PSPC (*Performance Standard for Protective Coatings*) foi adotada em 8 de dezembro de 2006, inicialmente para todos os navios >500 GT em que o contrato de construção for acertado em ou após 1º de julho de 2008. Para todos os petroleiros e graneleiros, as regras estruturais comuns do IACS indicam que os requisitos de revestimentos sejam aplicáveis imediatamente.

A International deu início a um amplo programa de ensaios para testar seus produtos e esquemas de pintura para atender a essa legislação. Com isso, o Grupo já possui 87 sistemas aprovados mundialmente, dentre eles os produtos Intershield 300 e Interbond 808 diretamente sobre o aço preparado conforme o padrão exigido pela norma.

Como resultado de mais um teste, a empresa informa que alcançou a certificação *Type Approval* do Lloyd Register para o sistema de Tanques de Lastro com os produtos fabricados no Brasil que atendem a IMO/PSPC sem necessidade de remoção do *shop primer* de zinco. O sistema é composto pelos produtos – Interplate 855 (*shop primer* de zinco) e Interbond 808 (primer/acobramento epoxi).

A fábrica da empresa no Brasil já foi auditada e certificada para a fabricação dos produtos que atenderão à norma pelas classificadoras Lloyds Register, DNV e, em breve, passará pelo crivo da ABS e BV. As certificações garantem que a empresa fabrique os produtos na planta brasileira, evitando a importação e, assim, gerando maior confiabilidade e pronto atendimento.

Além disso, a Lloyds Register também certificou o Programa de Treinamento da International como equivalente à NACE nível 2 e FROSIO nível III, exigidos para a qualificação dos inspetores que atestarão o cumprimento da norma.

## Tintas Renner com ISO 14001

Alinhada à busca de soluções que apresentem pouca ou nenhuma agressividade ao meio ambiente, a unidade Marítima e Manutenção Industrial da Renner Herrmann conquistou a certificação ISO 14001, que avalia a gestão am-

biental dos processos da empresa.

Esse é mais um importante passo da Tintas Renner na questão ambiental, que já possui uma linha ecológica classificada como Low Voc e No Voc.

*Para mais informações: [www.rennermm.com.br](http://www.rennermm.com.br)*

## Anticorrosivos na ABRAFATI

O tema central do 11º Congresso Brasileiro de Tintas, organizado entre 23 e 25 de setembro, no Transamérica Expo Center, em São Paulo, será “Tintas do Futuro”, e terá como destaque as mais recentes pesquisas e inovações relacionadas à sustentabilidade da cadeia produtiva.

Quem tiver interesse em apresentar trabalhos técnicos deverá enviar uma sinopse dos trabalhos para avaliação do Comitê Científico até o dia 15 de maio de 2009. O texto da sinopse deverá ter entre 20 e 30 linhas em português, inglês ou espanhol e conter o título do trabalho, nome do autor(es), nome de quem apresentará o trabalho e o resumo do conteúdo técnico.

*Maiores informações: [www.abrafati2009.com.br](http://www.abrafati2009.com.br)*

## WEG e PETROBRAS no BCG

A Boston Consulting Group (BCG) divulgou a sua lista das 100 empresas de países emergentes consideradas “desafiadoras”, durante a realização do 39º Fórum Mundial, em Davos. A WEG e a PETROBRAS fazem parte do grupo de quatorze empresas brasileiras que constam dessa lista.

Empresas consideradas “desafiadoras” são aquelas que estão se globalizando rapidamente e desafiando as líderes mundiais já estabelecidas. O Brasil foi o terceiro país do ranking, ultrapassado por China, com 36 empresas na lista, e a Índia, com 20 empresas. As outras empresas brasileiras listadas são: Coteminas, Embraer, Gerdau, JBS-Friboi, Marcopolo, Natura, Grupo Odebrecht, Perdigão, Sadia, Vale e Grupo Votorantim.

# Pré-Tratamento, Conversão e Passivação • Linhas de Coil

- ▶ Os melhores processos de Pré-Tratamento, Conversão e Passivação para as Linhas de Coil, com tecnologia avançada e totalmente inserida no conceito de eco-eficiência.
- ▶ Intercâmbio tecnológico com a **Nihon Parkerizing Co Ltd. (Japão)**, líder de mercado com mais de 70% das Linhas de Coil no mundo e da **Bulk Chemicals-USA**.
- ▶ Produtos que atendem as normas RoHS e WEEHS.

**DEXTER**  
the chemical surface treatment

*Porque a natureza tem os seus limites*



## Processos para Pré-Tratamento de Materiais Não Ferrosos (Alumínio e suas ligas)

| Etapa      | Produto       | Características                       | Redução de Consumo |
|------------|---------------|---------------------------------------|--------------------|
| Desengraxe | NP Klean 190  | Desengraxeante Ácido Monocomponente   | Menos 10%          |
| Conversão  | E - CLPS 2100 | Monocomponente Chromium Free          | Menos 7%           |
| Passivação | E - CLPS 1900 | Lavagem Final com Orgânicos Metálicos | Menos 9%           |

## Processos para Tratamento de Materiais Ferrosos e Revestidos

| Produto                        | Características  |
|--------------------------------|--|
| NP INBIT 110 C                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promove a inibição da corrosão em meio clorídrico</li> <li>• Excelente estabilidade mesmo em alta temperatura</li> <li>• Não forma espuma e resíduos</li> <li>• Evita a sobre decapagem, reduzindo o consumo de ácido</li> </ul>  |
| NP COAT 750                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Isento de cromo VI • Base água (livre de solventes orgânicos)</li> <li>• Transparente, livre de óleo na camada orgânica</li> <li>• Excelente proteção contra corrosão</li> <li>• Propriedades anti finger print (AFP)</li> <li>• Lubrificante seco • Resistente à intemperies</li> <li>• Pode ser colorido</li> </ul> |
| NP COAT 6673 (isento de cromo) |  |
| NP COAT 6993 (isento de cromo) |  |

# Fosfatização de Metais *Ferrosos*

## Parte 16 – Decapagem e Tratamento Mecânico

*Neste artigo, o foco será a decapagem e o tratamento mecânico das superfícies antes do processo de fosfatização*



Por Zehbour Panossian



Por Célia A. L. dos Santos

Tanto a decapagem quanto o tratamento mecânico são processos que consistem em remover da superfície metálica produtos da corrosão do substrato tais como os óxidos. Pelo exposto, conclui-se que a decapagem ou o tratamento mecânico constitui-se em um estágio necessário somente nos casos em que na superfície do metal a ser fosfatizado estiverem presentes produtos de corrosão, caso contrário pode-se dispensar este estágio.

Os produtos de corrosão podem ter sido formados à temperatura ambiente durante o transporte e armazenamento. Estes recebem a denominação de ferrugem<sup>1</sup>. Sua composição básica é uma mistura de óxidos e hidróxidos de ferro II e ferro III e sua coloração é avermelhada.

Os produtos de corrosão podem ter sido formados a temperaturas elevadas durante algum tratamento térmico ou deformação a quente. Neste caso, os produtos de corrosão recebem o nome de carepas e normalmente são mais aderentes e de mais difícil remoção, tendo coloração azulada ou preta. A carepa, normalmente, é formada por diferentes camadas de óxidos. A composição e a espessura da carepa variam com muitos fatores, citando-se tempo e temperatura de exposição, composição do aço, composição da atmosfera, severidade da deformação. No entanto, de uma maneira geral, a com-

posição da carepa é a seguinte:

- uma camada externa mais rica em oxigênio, relativamente fina, constituída principalmente de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ );
- uma camada intermediária, mais grossa, constituída principalmente de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ );
- uma camada mais próxima ao substrato, ainda mais espessa, mais pobre em oxigênio, constituída basicamente de wüstita (composição que se aproxima de  $\text{FeO}$ ).

Se a carepa fosse uniforme e livre de quaisquer discontinuidades, ela seria uma excelente barreira contra a corrosão atmosférica dos metais ferrosos. No entanto, esta carepa apresenta muitas fissuras que alcançam a superfície metálica e por esta razão não são capazes de evitar a corrosão.

A decapagem química pode ser realizada em solução alcalina ou ácida enquanto que o tratamento mecânico pode ser feito por: jateamento com areia, lixamento, escovamento, esfregamento com abrasivos. Em ambos os casos, deve-se limpar a superfície com solventes orgânicos ou desengraxantes alcalinos para retirar eventuais contaminações com óleos e graxas, senão poder-se-á ter problemas:

- nos casos da decapagem química, a presença de óleos e graxas pode impedir o contato direto entre o decapante e os produtos de corrosão;
- e no caso da limpeza mecânica poderá ocorrer o empastamento do abrasivo utilizado.

No caso de fosfatização, nem todos os tipos de carepas devem ser retiradas: se o tratamento térmico, responsável pela formação da carepa, for realizado em atmosfera controlada e a carepa formada constituir-se de uma fina camada de coloração azul, não há necessidade de decapagem. Esta fina camada não interfere na formação da camada de fosfatização (METALS HANDBOOK, 1987, p.439).

### Decapagem com ácidos

A decapagem com ácidos é muito mais eficiente do que a decapagem com soluções alcalinas, no entanto, apresenta alguns problemas, citando-se:

- danificação por hidrogênio: a principal reação catódica durante a decapagem é a redução do cátion hidrogênio. Por esta razão, a probabilidade de danificação por hidrogênio durante a decapagem ácida é bastante elevada, especialmente nos casos em que se utilizam longos tempos de decapagem e ácidos concentrados. No caso de aços de alta resistência, este problema torna-se mais grave, devendo-se evitar decapar com ácidos estes tipos de aço (TT C-490D, 1993). Em caso de necessidade, deve-se submeter o material a tratamento térmico de alívio de tensões e de desidrogenação;
- contaminação da superfície metálica: a contaminação da superfície metálica com resíduos de ácidos é extremamente prejudicial aos metais. Cuidados extremos devem ser toma-

1. Ferrugem é a denominação dada aos produtos de corrosão de metais ferrosos.

dos para retirar através de lavagem com água todo e qualquer resíduo de decapagem. Neste sentido, a decapagem com ácidos deve ser adotada apenas para itens de superfícies planas devendo-se evitar decapar peças rebitadas, soldadas, peças de geometria complexa que tenham canais estreitos, pequenos furos, frestas ou superfícies porosas (WOLYNEC, WEXLER & FENILI, 1992);

- obtenção de camadas fosfatizadas de granulação grosseira: à semelhança dos desengraxantes alcalinos fortes, a decapagem com ácidos determina a obtenção de camadas fosfatizadas de granulação grosseira (BIESTEK & WEBER, 1974, p.166).

Mesmo para peças de geometria simples ou peças confeccionadas com aços com dureza baixa, sempre que possível, deve-se evitar a decapagem com ácidos. Assim sendo, deve-se fazer uma avaliação criteriosa da necessidade do estágio de decapagem, inspecionando as peças antes da fosfatização. Se a quantidade de ferrugem for muito pouca, deve-se optar por ácidos muito diluídos.

Cabe citar o fato de que nem sempre a decapagem determina a obtenção de camadas de cristais grosseiros: é o caso de aços com alto teor de carbono. Quando estes aços são decapados em soluções ácidas forma-se sobre a sua superfície um resíduo escuro. Acredita-se que este resíduo promove a nucleação de cristais de fosfatos o que resulta na formação de camadas fosfatizadas de cristais finos (BIESTEK & WEBER, 1974, p. 166; RAUSCH, 1990, p. 85).

Os ácidos utilizados na decapagem de metais ferrosos são: o ácido clorídrico, o ácido sulfúrico e mais raramente o ácido fosfórico.

O ácido clorídrico pode ser usado com concentrações variando de 1% a 50% e à tempera-

tura ambiente. Concentrações maiores de ácido removem mais rapidamente os produtos de corrosão, mas também atacam mais fortemente o aço e necessitam de lavagem mais rigorosa, devendo ser evitadas sempre que possível.

O ácido sulfúrico pode ser usado com concentrações entre 5% a 20% e a temperatura pode variar de 60°C a 85°C.

Apesar do ácido clorídrico ser mais caro do que o ácido sulfúrico, o primeiro é muito mais utilizado devido a algumas vantagens, dentre as quais se pode citar (SHREIR, 1977; WOLYNEC, WEXLER & FENILI, 1992):

- o ácido clorídrico produz superfícies mais limpas e mais brilhantes;
- o ácido clorídrico não requer aquecimento;
- os resíduos de ácido clorídrico são mais facilmente removíveis com água do que os resíduos do ácido sulfúrico;
- de um modo geral, em soluções de ácido clorídrico de concentrações equivalentes à de uma solução de ácido sulfúrico, a quantidade de hidrogênio atômico incorporada é menor.

Conforme já citado, pode-se ainda adotar decapagem com ácido fosfórico. A concentração do ácido fosfórico pode variar de 15% a 20% (RAUSCH, 1990, p.35). Na prática é raro o uso deste ácido devido ao seu alto custo e baixa velocidade de decapagem. (SHREIR, 1977, p. 12.19; WOLYNEC, WEXLER & FENILI, 1992, p.46). Caso se opte por este ácido, alguns cuidados devem ser adotados para evitar a formação de cristais de fosfato durante a decapagem, citando-se (BIESTEK & WEBER, 1976, p.179):

- adotar curtos tempos de decapagem;
- adotar temperaturas baixas;
- evitar o enriquecimento do decapante com íons ferrosos pois, se isto ocorrer, o decapante pas-

sará a funcionar como um banho de fosfatização à base de fosfato ferroso.

Muitas vezes, para evitar o ataque pronunciado do substrato, adicionam-se inibidores de corrosão às soluções ácidas. No caso de fosfatização, cuidados extremos devem ser tomados com tais inibidores, pois a grande maioria destes produtos são também inibidores de processos de fosfatização (RAUSCH, 1990, p.79). Assim, se a lavagem após a decapagem não for eficiente, resíduos destes inibidores adsorvidos na superfície do metal em processo de fosfatização poderão alcançar o tanque de fosfatização e causar a diminuição da velocidade de formação ou mesmo inibição da formação da camada de fosfatos. As normas ISO 9717 (1990) e a BS 3189 (1991) recomendam a imersão em solução ácida sem inibidores ou a imersão em soluções alcalinas para promover a remoção dos inibidores adsorvidos na superfície metálica.

### Decapantes alcalinos

Os decapantes alcalinos são soluções que contêm agentes complexantes ou quelantes como o EDTA e gluconatos (FREEMAN, 1988, p.45) e operam a temperaturas elevadas (95°C). Estes decapantes, por serem alcalinos, apresentam propriedades desengraxantes, removem os óxidos presentes na superfície dos metais e praticamente não atacam o substrato de aço e, portanto, não liberam gás hidrogênio. Por esta razão, metais susceptíveis à danificação por hidrogênio como os aços de alta resistência são preferencialmente decapados com soluções alcalinas.

Estes decapantes são menos eficientes do que os ácidos. Sua eficiência pode ser aumentada pela imposição de corrente anódica ou alternada.

## Tratamento mecânico

Muitos pesquisadores afirmam que as melhores camadas fosfatizadas são obtidas quando as superfícies dos substratos são submetidas a algum tratamento mecânico (BIESTEK & WEBER, 1974, p.165; RAUSCH, 1990, p. 80-83; MENKE, 1991), tais como: jateamento com granalha, jateamento com areia, escovamento, lixamento e esfregamento. Superfícies assim preparadas apresentam uma rugosidade maior e são mais reativas. Isto favorece a nucleação dos cristais de fosfatos determinando a obtenção de camadas de cristais finos. O efeito benéfico do tratamento mecânico diminui se as superfícies são colocadas em contato com desengraxantes alcalinos, decapantes ácidos ou simplesmente com água ou ar úmido (BIESTEK & WEBER, 1974, p.165). Além disso, por serem muito reativas, as superfícies submetidas a um tratamento mecânico, especialmente jateamento com areia, corroem rapidamente. Por esta razão, não podem ser expostas por muito tempo ao ar atmosférico. Assim sendo, quando se opta por tratamento mecânico, deve-se evitar o contato com qualquer solução aquosa antes da fosfatização e, ainda, deve-se fosfatizar o mais rápido possível.

Uma outra vantagem do tratamento mecânico em comparação à decapagem química é a minimização da probabilidade de danificação por hidrogênio.

Apesar das vantagens citadas, no campo da fosfatização o tratamento mecânico é pouco utilizado, salvo em processos contínuos para fosfatização de chapas, fios e tiras: neste caso pode-se adotar o escovamento. Isto é devido ao fato da fosfatização ser um processo aquoso, o que torna mais fácil a adoção de pré-tratamento em meio líquido. Por exemplo, se o pré-tratamento for feito

através de jateamento com areia, este deverá ser realizado em um outro ambiente de trabalho, pois partículas provenientes do jato de areia poderiam contaminar as soluções utilizadas no processo de fosfatização. Um outro inconveniente seria a corrosão atmosférica das peças jateadas: o ambiente de fosfatização é normalmente muito úmido devido ao uso de soluções aquosas o que determinaria rápida corrosão das superfícies jateadas.

## Verificação da eficiência da limpeza

A eficiência de uma limpeza, antes da fosfatização propriamente dita, é de fundamental importância para o bom desempenho de camadas fosfatizadas. A limpeza ineficiente é uma das principais causas de falhas em serviço de tratamentos suplementares aplicados sobre camadas fosfatizadas como, por exemplo, tintas e vernizes. Assim sendo, é comum verificar-se a eficiência da limpeza de um processo de fosfatização.

Podem-se realizar alguns ensaios para esta finalidade. A norma TT-C-490D (1994) recomenda a verificação da quebra d'água como um método de verificação da eficiência de limpeza. No entanto, é importante chamar a atenção de que a quebra d'água nem sempre é um método eficiente. Por exemplo, quando se adota como desengraxante uma emulsão que torna a superfície do substrato hidrófoba, o ensaio de quebra d'água indicaria uma limpeza ineficiente, porém este é um pré-tratamento extremamente eficiente para os processos de fosfatização.

Segundo BLOCK (1980), a melhor maneira de verificar a eficiência de limpeza num processo de fosfatização é o esfregamento da superfície do substrato com um papel absorvente branco ou tecido macio branco e limpo

(*wipe test*). Este esfregamento retirará da superfície do substrato qualquer resíduo o que poderia ser facilmente verificado pelo aspecto da superfície do papel ou pano branco. Este autor apresenta resultados de ensaios realizados com vários corpos-de-prova que passaram no ensaio da quebra d'água porém não no ensaio de esfregamento com papel ou pano. Ensaios de desempenho realizados com tais corpos-de-prova mostraram resultados insatisfatórios quando comparados com corpos-de-prova que passaram tanto no ensaio de quebra d'água como no de esfregamento com papel ou pano.

Uma maneira de verificar a eficiência de um pré-tratamento é o exame visual da própria camada fosfatizada: camadas uniformes só são obtidas sobre superfícies bem limpas isentas de óleos ou graxas ou óxidos. Qualquer deficiência da limpeza é imediatamente percebida pela não-uniformidade da camada fosfatizada (FREEMAN, 1988, p. 48-49).

Outros ensaios ainda são citados na literatura (FERNANDEZ, 1999), a saber:

- ensaio com fita adesiva: colocar uma fita adesiva transparente sobre a superfície metálica, arrancar e em seguida colocar sobre um folha de papel branca (tipo sulfite). Ao lado desta fita colocar uma outra fita adesiva sem uso, como ensaio em branco. Comparar as duas fitas adesivas, ou, visualmente, ou através de um calorímetro. Este tipo de ensaio é eficiente apenas para verificar a presença de sujeiras que podem ser removidas pela fita adesiva utilizada;
- ensaio com solução de sulfato de cobre: mergulhar a superfície metálica em uma solução de sulfato de cobre acidificada por alguns segundos (por exemplo 10 s) e em seguida observar visualmente a superfície metálica: a deposição não-uniforme

de cobre é indicativa de limpeza deficiente (o cobre depositar-se-á apenas em superfícies limpas, no entanto, se a sujeira for de partículas metálicas ou fina camada de ferrugem, este ensaio pode não detectar pois o cobre pode depositar-se sobre este tipo de sujeira). Este ensaio é eficiente para detectar presença de óleos e graxas.

A limpeza adequada da superfície é uma das condições importantes para a obtenção de camadas fosfatizadas de boa qualidade. Na próxima edição, as etapas de ativação (condicionamento ou refinamento de grão) e neutralização serão abordadas.

## Referências Bibliográficas

BIESTEK, T.; WEBER, J. 1976. *Electrolytic and chemical conversion coatings*. 1st ed. Wydawnictwa : Porteceltes. 432p.

BLOCK, William V. 1980. *How to cut phosphating costs through cleaning, Plating and Surface Finishing*. v.67, n.2, p. 20-22, Feb.

BS 3189 : 1991; ISO 9717; 1990. *Method for specifying phosphate conversion coatings for metals*. London : British Standards Institution, 1990, 15p.

FERNANDEZ, V. 1999. *How clean is clean?* COATING'99, 1999, Dallas. Proceedings... Dallas, p. 825-838.

FREEMAN, D. B. 1988. *Phosphating and metal pre-treatment*. 1st ed. New York : Industrial Press, 229p.

METALS Handbook. 1987. 9 ed. Metals Park : ASM, 17v. v.5 : *Surface cleaning, finishing and coating*. p.439.

MENKE, Joseph T. 1991. *Phosphate coating specifications – a comparison*. Metal Finishing. v.89, n.10, p.23-27, Oct.

RAUSCH, W. 1990. *The phosphating of metals*. 1st.ed. Great Britain : Redwood Press, 416p.

WOLYNEC, S.; WEXLER, S. B.; FENILI, C. 1992. *Proteção contra corrosão durante armazenamento e transporte*. 2. ed. São Paulo : IPT. 222p. (Publicação IPT 1997).

### Zebbour Panossian

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT. Laboratório de Corrosão e Proteção – LCP. Doutora em Ciências (Físico-Química) pela USP. Responsável pelo LCP.

### Célia A. L. dos Santos

Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – IPT. Laboratório de Corrosão e Proteção – LCP. Doutora em Química (Físico-Química) pela USP. Pesquisadora do LCP.

Contato com as autoras:  
zep@ipt.br / clsantos@ipt.br  
fax: (11) 3767-4036



**Em 2009, a COTEQ comemorará a sua 10ª edição, e volta à Bahia para prestigiar os 30 anos do Pólo Industrial de Camaçari!! Comemore conosco!!**

### Principais Temas:

#### Corrosão

- Corrosão e Proteção
- Revestimento e Pintura Industrial
- Corrosão pelo Alcool e Biodiesel

#### Ensaio Não Destrutivo

- Aplicação dos END
- Sistemas Especializados para END e para a Garantia da Qualidade
- Formação, Treinamento e Qualificação

#### Inspeção

- RBI - Inspeção Baseada em Risco
- Confiabilidade de Inspeção

#### Avaliação de Integridade

- Inspeção e Avaliação Estrutural de Tubulações e Dutos
- Avaliação de Integridade: Casos, Critérios e Procedimentos
- Análise de Falhas

#### Análise Experimental de Tensões

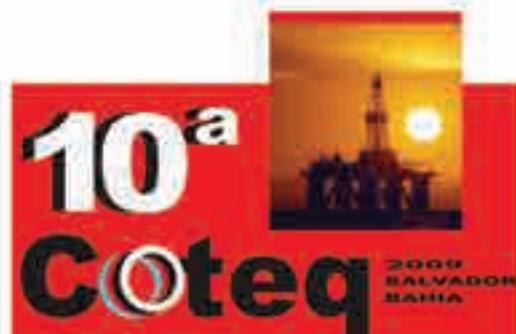
- Análise Teórica, Numérica e Experimental de Tensões
- Técnicas para Determinação do Deslocamento, Deformação e Tensões

#### Tubulações e Vasos de Pressão

- Estruturas
- Termohidráulica

Conheça outros temas do evento pelo site:

<http://www.abende.org.br/10coteq.html>



**Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos  
12 a 15 de maio de 2009 • Bahia Othon Palace**

#### O objetivo:

A COTEQ é um encontro que abriga os mais importantes eventos da indústria nacional e é realizado em parceria entre a ABENDE, ABRACO e IBP. Tem como principal objetivo promover a troca de conhecimentos, compartilhar experiências e ampliar negócios aos técnicos, engenheiros e pesquisadores participantes do evento.

#### Inscreva-se!

**Valores promocionais até 12 de dezembro de 2008.**

#### Uma excelente oportunidade:

Patrocine o evento, participe da 6ª ExpoEQUIP – Exposição de Tecnologia de Equipamentos para Corrosão & Pintura, END e Inspeção de Equipamentos. De 13 a 16 de maio.

**Não perca essa grande oportunidade de fazer ótimos negócios.**

# Noções Básicas sobre Processo de Anodização do Alumínio e suas Ligas – Parte 12

11ª Etapa – Defeitos



Por Adeval  
Antônio  
Meneghesso

Colaborador:  
João Inácio  
Graccioli  
(Surface  
Finishing - CBA)

Esta parte do artigo irá tratar dos defeitos que são revelados durante o processo de anodização, quando estes são oriundos de diversas fontes e diversos estágios de manuseio das peças a serem tratadas.

## Defeitos no processo de Anodização

### Aprisionamento de ar/gases durante a coloração

**Característica:** áreas circulares de vários diâmetros sobre o lado inferior das peças enganchadas.

**Causas:** Retenção de ar/gases devido ao posicionamento inadequado das peças na gancheira, inibindo a migração do pigmento para o interior dos poros.

**Onde ocorre:** No tanque de anodização.

**Correção:** Efetuar o enganchamento com inclinação suficiente que permita a saída do ar ou gases.

### Contaminação do eletrólito da anodização por cloretos

**Característica:** *Pits* profundos, em forma de estrelas pretas, localizadas ao acaso, onde não há presença de filme anódico nas áreas corroídas.

**Causas:** Contaminação do eletrólito de anodização por cloretos 150-200 ppm (máximo).

**Onde ocorre:** No banho de anodização.

**Correção:** Utilizar água livre de cloretos, de preferência, água desmineralizada/deionizada.

### Corrosão por água de lavagem

**Característica:** *Pitting* em forma de estrela ou aranha, muito superficial.

**Causas:** A causa precisa não é conhecida. Presume-se como causa a combinação de uma superfície de alumínio ativa ou contaminantes na água de lavagem.

**Onde ocorre:** Aparece em soluções e águas de lavagens ácidas, antes da anodização.

**Correção:** Independente da condição das águas de lavagens, adicionar 0,1% de ácido nítrico.

### Defeitos de polimento mecânico

**Característica:** Aparecem como manchas de forma irregulares ou regiões com diferentes graus de brilho.

**Causas:** Falta de uniformidade de no polimento.

**Onde ocorre:** Na anodização.

**Correção:** Utilizar técnicas corretas de polimento.

### Defeitos relacionados com a Selagem – A

**Característica:** Depósito de pó sobre a superfície das peças (*smut*).

**Causas:** água da selagem com elevada dureza.

**Onde ocorre:** Na selagem.

**Correção:** Abrandar a água ou utilizar água desmineralizada.

### Defeitos relacionados com a Selagem – B

**Característica:** Peças que mancham facilmente (retêm marcas de dedos).

**Causas:** Condições de sela-

gem fora dos valores recomendados.

**Onde ocorre:** Na selagem.

**Correção:** Verificar pH, temperatura, tempo e concentração.

### Descoloração das zonas afetadas termicamente em juntas soldadas

**Característica:** Manchas irregulares claras ou escuras nas juntas soldadas.

**Causas:** Abundante precipitação incoerente de  $Mg_2Si$  na região termicamente afetada, com tamanho de partículas grosseiras nesta região, atingindo temperaturas da ordem de 400°C – 450°C.

**Onde ocorre:** No ataque alcalino e na anodização.

**Correção:** Não devem ser anodizados perfis soldados. Usar juntas mecânicas.

### Desengraxe inadequado

**Característica:** Ataque alcalino (fosqueamento) não-uniforme.

**Causas:** Solução de desengraxe fraca ou gasta para esse fim ou práticas insuficientes que não promovem a remoção completa de óleo, graxas, compostos de polimento etc.

**Onde ocorre:** No ataque alcalino.

**Correção:** Renovar a solução de desengraxe ou aumentar a temperatura ou tempo do banho.

### Flor de Zinco (Spangle)

**Característica:** A aparência do perfil adquire um aspecto de superfície galvanizada de forma

# Acessórios para Enganchamento de Perfis e Chapas

Aporte

## Anodização e Processos Galvânicos

Pagamento em  
**4 VEZES**  
sem juros  
acima de 1000 peças



LL-Pinça KLAPP CX<sup>®</sup>



LL-Pinça KLAPP CE-01<sup>®</sup>



LL-Hook 60<sup>®</sup>  
com parafuso curto e longo  
Abertura de 60 mm



LL-Hook 45<sup>®</sup>  
Abertura de 45 mm



LL-Hook 30<sup>®</sup>  
Abertura de 30 mm



 **ITALTECNO**  
DO BRASIL LTDA.

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

não-uniforme.

**Causas:** Ataque preferencial do grão devido à contaminação da solução de fosqueamento com zinco; teor de zinco na liga alto.

**Onde ocorre:** No tanque de ataque alcalino.

**Correção:** Controlar o teor de zinco em 6 ppm (máximo) na solução de fosqueamento ou utilizar aditivo complexante do zinco.

### **Lavagem inadequada**

**Característica:** Aparecimento de manchas sobre a superfície do perfil quando se efetua a coloração do filme anódico, resultando em um acabamento não uniforme.

**Causas:** Remoção incompleta do sulfato de alumínio dos poros do filme anódico anterior a pigmentação.

**Onde ocorre:** Na coloração.

**Correção:** Lavar o filme por 2 minutos, no mínimo, em uma lavagem ácida (pH = 2,0 máx.), imediatamente após a anodização, seguindo-se uma lavagem mais neutra antes da coloração.

### **Mancha branca (White Etch Bloom)**

**Característica:** Aparece como mancha branca não-uniforme sobre perfis das ligas AlMgSi.

**Causas:** Ataque alcalino não-uniforme devido a presença do filme de MgO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sobre perfis das ligas AlMgSi resfriados bruscamente ao ar. O MgO é relativamente insolúvel na soda gerando uma aspereza, a qual reflete a luz incidente, resultando em uma aparência branca.

**Onde ocorre:** No tanque de ataque alcalino.

**Correção:** O processo de anodização deve ser alterado, imergindo o perfil em uma solução desengraxante a quente para o amolecimento de MgO, antes do ataque alcalino.

### **Manchas de fosqueamento**

**Característica:** Aparecem como manchas de escorrimento no sentido vertical de remoção das peças do tanque, principalmente em chapas, devido suas grandes dimensões.

**Causas:** Ataque preferencial devido à temperatura elevada da solução de fosqueamento, quando da passagem da gancheira do tanque de fosqueamento para o tanque de lavagem.

**Onde ocorre:** No tanque de ataque alcalino (fosqueamento).

**Correção:** Diminuir a temperatura da solução alcalina ou diminuir o tempo de transferência do banho alcalino para o tanque de lavagem. Instalar *spray* intermediário para lavagem.

### **Perda de contato elétrico durante a anodização**

**Característica:** Adquire coloração cinza escuro, próximo ao ponto de contato, associado à formação de uma camada anódica final iridescente (arco-íris).

**Causas:** Ataque do ácido sulfúrico sobre o perfil, quando o mesmo não tem contato elétrico suficiente; caso haja um contato elétrico temporário, no início da anodização, haverá a formação de um filme com características iridescentes.

**Onde ocorre:** No tanque de anodização.

**Correção:** Promover ótimo contato elétrico.

### **Pitting de solução de abrillhantamento químico**

**Característica:** *Pitting* na superfície do alumínio.

**Causas:** Baixo teor de ácido fosfórico na solução, alta temperatura de operação, teor de ácido nítrico elevado, desengraaxe inadequado, que não removem os compostos de polimento (massa de polir).

**Onde ocorre:** No tanque de abrillhantamento químico.

**Correção:** Controle analítico

e operacional do processo e desengraaxe adequado.

### **Pitting de solução de fosqueamento**

**Característica:** Aparecem como *pitting* severo e marcas de erosão na superfície do perfil.

**Causas:** Descontrole nas concentrações dos produtos químicos da solução.

**Onde ocorre:** No tanque de ataque alcalino (fosqueamento).

**Correção:** Ajustar a solução para a composição correta.

### **“Queima” de anodização**

**Característica:** O filme anódico adquire um aspecto de pó branco, removível após a anodização, podendo dissolver o metal.

**Causas:** Combinação de excessiva densidade de corrente, temperatura alta e agitação inadequada do eletrólito.

**Onde ocorre:** No tanque de anodização.

**Correção:** Uso de densidades de corrente, temperatura e agitação do eletrólito adequadas.

Obedecer aos parâmetros dos processos pré-esatabelecidos.

---

**Eng. Adeal Antônio Meneghesso**

*Diretor superintendente da Italtecno*

*do Brasil – Contato com o autor:*

*adeval.meneghesso@italtecno.com.br*

*Fax.: (11) 3825-7022*

## Proatividade nos negócios

*Este assunto é de seu interesse. ✓*



### **Onda de demissões pega setor sindical despreparado.**

*A atuação das centrais sindicais para enfrentar os efeitos da crise mundial no mercado de trabalho revela despreparo para defender o trabalhador, falta de sintonia com o cenário econômico e social e atrelamento de parte do movimento social ao governo Lula, na avaliação de especialistas... (Folha de S.Paulo, 28/2/2009)*

### **Isto não é problema exclusivo dos sindicatos.**

Sua empresa está preparada? A maioria não está. Demitir funcionários, fechar unidades de negócios, cortar despesas etc., não garantem sua sobrevivência. Algumas desaparecem, apesar do encolhimento. Aquelas que sobrevivem, por outro lado, muitas vezes descobrem novas formas de fazer o negócio e se perguntam: “Por que não fizemos isto antes?” São as empresas reativas. Só acordaram diante da grande ameaça.

Por outro lado, existem também empresas preparadas. São pouco afetadas pela crise. Para elas, a crise é apenas um acidente de percurso.

### **São empresas proativas. ✓**

Têm planejamento de médio e longo prazo. Sabem onde querem chegar. Estão em sintonia com a mudança do ambiente. São capazes de transformar a crise em oportunidade.

### **Você sabe como transformar sua empresa numa empresa proativa?**



Curso online

### **“Proatividade nos negócios”**

com Mizuji Kajii(\*)

**Data:** 6, 7 e 8 de abril de 2009

**Horário:** 20 às 22h

**Investimento:** Apenas R\$ 60,00 (para leitores desta revista).

**Valor Normal:** R\$ 100,00

**Inscrições e maiores informações:**

<http://www.mizuji.com/proatividade-n-revista.htm>

Evento ao vivo, no seu computador.

Você pode participar de qualquer lugar. Basta ter conexão banda larga e sistema de som funcionando

(\*)Mizuji Kajii – Coach certificado, Master Practitioner em PNL, EFT practitioner, Engenheiro de Produção.

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

# A corrosão por *corrente alternada* em dutos instalados sob linhas de transmissão elétrica – Parte 2

*O presente trabalho tem o objetivo de propor metodologias de medição para avaliar os níveis de tensão AC em dutos, bem como avaliar termodinamicamente a probabilidade de ocorrência de corrosão por corrente AC dos dutos*

**Autores:**  
Sérgio E. A. Filho,  
Zebbour Panossian,  
Neusvaldo L. de Almeida  
Mário L. Pereira Filho,  
Diogo L. Silva,  
Eduardo W. Laurino, João Hipólito de L. Oliver  
Gutenberg de S. Pimenta,  
José Álvaro de C. Albertini

As medidas de potencial duto/solo tiveram a finalidade de avaliar os níveis de proteção catódica e os níveis de interferência AC tanto nos dutos como nos cupons interligados aos dutos. Conforme mencionado, foram selecionados três caixas de válvulas do OBATI para a condução do estudo. Antes de apresentar os resultados obtidos em campo, será apresentado um exemplo de medidas obtidas em campo, os quais serão discutidos. Acredita-se que isto facilitará a compreensão e a discussão das medidas de campo.

A figura 28 mostra um exemplo típico de medida de forma de onda de potencial duto/solo realizada em campo. Para facilitar a análise, foi traçada uma linha horizontal indicando o potencial de equilíbrio do ferro ( $-0,85 V_{ECS}$ ). Potências abaixo deste valor indicam que o duto ou o cupom estará no domínio da imunidade, portanto catodicamente protegidos. Para potenciais acima deste valor, o duto ou o cupom estariam termodinamicamente favoráveis à corrosão por corrente AC. Para facilitar a visualização, o domínio da corrosão foi destacado em azul. Convém salientar, que os valores de potencial medidos em campo representam o potencial da inter-

fase duto/ solo e cupom/ solo acrescido do valor da queda ôhmica, não-compensada. Para uma análise mais real, as medidas deveriam ser corrigidas. Estudos estão sendo conduzidos em laboratório para o desenvolvimento de técnicas de medição com compensação da queda ôhmica em sistemas sujeitos à corrente AC. De qualquer maneira, as medidas apresentadas e discutidas neste trabalho serão utilizadas para uma avaliação qualitativa da existência ou não de interferência de corrente AC no duto estudado. A previsão termodinâmica para ver se os níveis de interferência causarão ou não corrosão deverá ser realizada comparando o potencial da interfase duto/ solo sem a contribuição da queda ôhmica com o potencial de equilíbrio do ferro.

As figuras 29, 30 e 31 mostram as formas de onda do potencial tubo/solo de medidas realizadas nas caixas de válvula V05-03, V 05-04 e V 05-05, respectivamente. Paralelamente são mostrados os conteúdos harmônicos

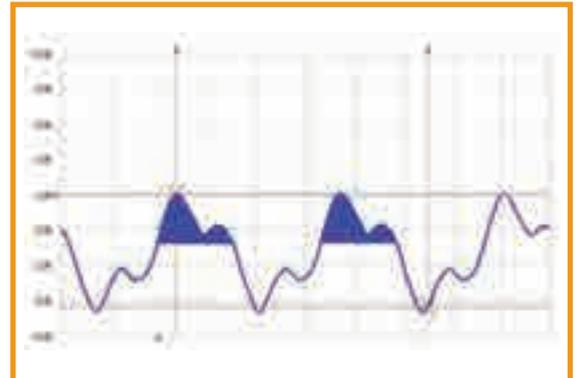


Figura 28 – Forma de onda típica do potencial tubo/solo

de cada uma das formas de onda. Para facilitar a discussão é apresentada a tabela 3, que mostra a relação entre o conteúdo harmônico e a fonte de interferência AC, e a tabela 4 que mostra todos os parâmetros elétricos envolvidos nas medidas de potencial duto/solo e cupom/solo.

A análise espectral da medida da forma de onda do potencial tubo/solo realizada na caixa de válvula V 05-03, mostrada na figura 29, indica claramente a ocorrência de interferência dos sistemas de distribuição de energia elétrica devido à elevada componente 180Hz; já na caixa de válvula V05-04 (figura 30) verifica-se uma forte influência de linhas de transmissão de alta tensão pela elevada componente 60Hz e baixa componente 180Hz; na caixa de válvula V 05-

**TABELA 3 – ANÁLISE DO CONTEÚDO HARMÔNICO DA FORMA DE ONDA DO POTENCIAL TUBO/SOLO**

| Conteúdo harmônico                                 | Principal fonte de interferência             |
|--|--|
| Elevada componente 60 Hz e baixa componente 180 Hz | Linhas de transmissão de alta tensão         |
| Baixa componente 60 Hz e elevada componente 180 Hz | Sistemas de distribuição de energia elétrica |
| Componente 120 Hz                                  | Sistema de proteção catódica                 |

**TABELA 4 – PARÂMETROS ELÉTRICOS ENVOLVIDOS NAS MEDIDAS DE POTENCIAL TUBO/SOLO E CUPOM/SOLO**

| <i>Local de medida</i> |         | $E_{DC}$<br>( $V_{ECSC}$ ) | $E_{AC}$<br>( $V_{ECSC}$ ) | $E_{AC+DC}$<br>( $V_{ECSC}$ ) | $E_{pico}$<br>( $V_{ECSC}$ ) |
|------------------------|---------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| V 05-03                | CP 13   | -1,3                       | 1,9                        | 2,3                           | 2,1                          |
|                        | Claros  | -1,5                       | 2,1                        | 2,5                           | 2,2                          |
|                        | CP 12   | -1,4                       | 2,0                        | 2,4                           | 1,5                          |
|                        | Escuros | -1,6                       | 2,0                        | 2,6                           | 1,8                          |
|                        | CP 11   | -1,6                       | 0,8                        | 0,8                           | 1,4                          |
| V 05-04                | CP 03   | -1,4                       | 15,1                       | 15,1                          | 20,0                         |
|                        | Claros  | -1,4                       | 17,4                       | 17,4                          | 22,8                         |
|                        | CP 02   | -1,3                       | 16,9                       | 16,9                          | 22,8                         |
|                        | Escuros | -1,5                       | 17,3                       | 17,3                          | 22,8                         |
|                        | CP 01   | -1,4                       | 16,8                       | 16,9                          | 22,0                         |
| V 05-05                | CP 06   | -1,6                       | 3,4                        | 3,8                           | 2,4                          |
|                        | Claros  | -1,8                       | 4,2                        | 4,5                           | 3,2                          |
|                        | CP 07   | -1,6                       | 3,3                        | 3,7                           | 2,2                          |
|                        | Escuros | -1,6                       | 4,0                        | 4,3                           | 3,0                          |
|                        | CP 08   | -1,6                       | 3,5                        | 3,8                           | 2,8                          |

05 (figura 31) são verificadas interferências tanto de linhas de transmissão de alta tensão como de sistemas de distribuição de energia elétrica.

Quanto aos valores de potenciais tubo/solo do acoplamento AC + DC, verifica-se nas figuras 29, 30 e 31 que os perfis das formas de onda em cada uma das caixas de válvula foram bastante distintos.

Parte da forma de onda do potencial encontra-se acima do potencial de equilíbrio do ferro ( $-0,85 V_{ECSC}$ ) o que indica que os dutos estariam termodinamicamente sujeitos a corrosão AC. Vale ressaltar que não houve correção da queda ôhmica nas me-

didadas de potencial tubo/solo.

Analisando os resultados mostrados na tabela 4 pode-se verificar que tanto os dutos quanto os cupons encontravam-se protegidos catodicamente, visto que os valores de  $E_{DC}$  são mais negativos do que  $-0,85 V_{ECSC}$ . No entanto, os valores de  $E_{pico}$  encontram-se acima do potencial de equilíbrio do ferro e, desta forma, tanto os dutos quanto os cupons estavam termodinamicamente favoráveis à corrosão AC, em maior ou menor grau, salvo a questão da queda ôhmica, fato já observado nas figuras 29, 30 e 31. Como os valores dos potenciais de pico ( $E_{pico}$ ) das medidas realizadas na caixa de

válvula V05-04 foram os maiores encontrados, eles foram destacados em vermelho. Os valores de potencial de pico das medidas realizadas na caixa de válvula V05-03 foram destacados em verde devido aos baixos valores encontrados e, para a caixa de válvula V05-05, os valores foram destacados em amarelo devido aos valores intermediários entre as caixas de válvula V05-03 e V05-04. Estes resultados apontam altos níveis de interferência AC para os cupons e dutos da caixa de válvula V05-04; médios níveis de interferência AC para os da caixa de válvula V05-05 e baixos níveis de interferência AC

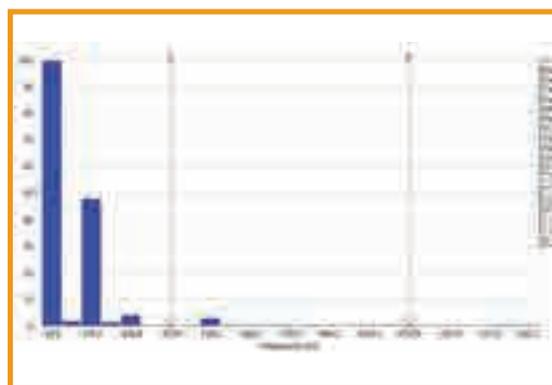
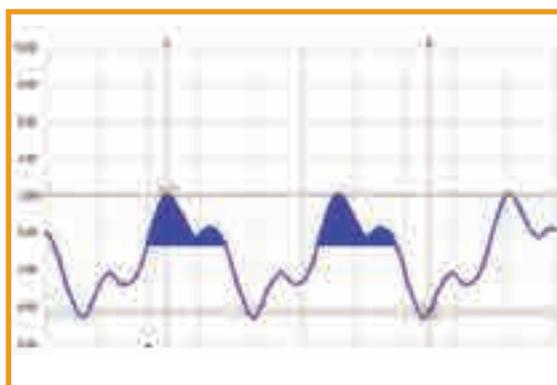


Figura 29 – Perfil da forma de onda do potencial tubo/solo das medidas realizadas nos dutos na caixa de válvula V05-03

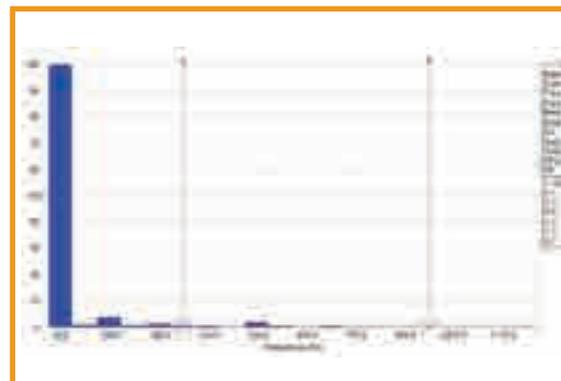
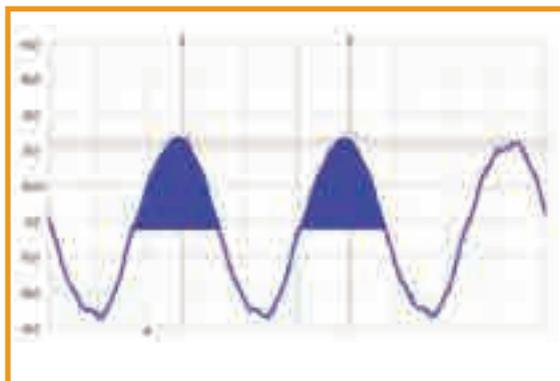


Figura 30 – Perfil da forma de onda do potencial tubo/solo das medidas realizadas nos dutos na caixa de válvula V05-04

para os da caixa de válvula V05-03.

As tabelas 5, 6 e 7 mostram os aspectos dos corpos-de-prova

bem como as taxas de corrosão obtidas após três meses de exposição às interferências de corrente AC. Em cada tabela são mos-

trados também os resultados obtidos com os corpos-de-prova brancos, os quais ficaram enterados pelo mesmo período dos

**TABELA 5 – TAXAS DE CORROSÃO DOS CUPONS INSTALADOS NA CAIXA DE VÁLVULA V 05-03 DO OBATI**

| Local de instalação | Cupom  | Dispositivo | Cupom após retirada do local | Cupom após limpeza | Taxa de corrosão ( $\mu\text{m/a}$ ) |
|---------------------|--------|-------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| V 05-03             | CP 11  |             |                              |                    | 0,689                                |
|                     | CP 12  |             |                              |                    | 0,736                                |
|                     | CP 13  |             |                              |                    | 23,2                                 |
|                     | CP 14* |             |                              |                    | 42,2                                 |
|                     | CP 15* |             |                              |                    | 40,1                                 |

\*cupons de corrosão “brancos”, não interligados aos dutos e, portanto, sem proteção catódica e sem interferência de corrente AC.

**TABELA 6 – TAXAS DE CORROSÃO DOS CUPONS INSTALADOS NA CAIXA DE VÁLVULA V 05-04 DO OBATI**

| Local de instalação | Cupom  | Dispositivo   | Cupom após retirada do local  | Cupom após limpeza   | Taxa de corrosão ( $\mu\text{m/a}$ ) |
|---------------------|--------|---|---|--|--------------------------------------|
| V 05-04             | CP 01  |    |    |    | 55,8                                 |
|                     | CP 02  |    |    |    | 21,9                                 |
|                     | CP 03  |    |    |    | 45,1                                 |
|                     | CP 04* |   |   |   | 73,4                                 |
|                     | CP 05* |  |  |  | 89,7                                 |

*\*cupons de corrosão “brancos”, não interligados aos dutos e, portanto, sem proteção catódica e sem interferência de corrente AC.*

demais, não interligados aos dutos, portanto sem a interferência de correntes AC e sem proteção catódica.

Observando as referidas tabelas, verifica-se que todos os cupons apresentaram corrosão em maior ou menor grau, a despeito

de estarem catodicamente protegidos, visto que estavam com um potencial  $E_{DC}$  mais negativos do que  $-0,85 V_{ECSC}$ . Além disto,

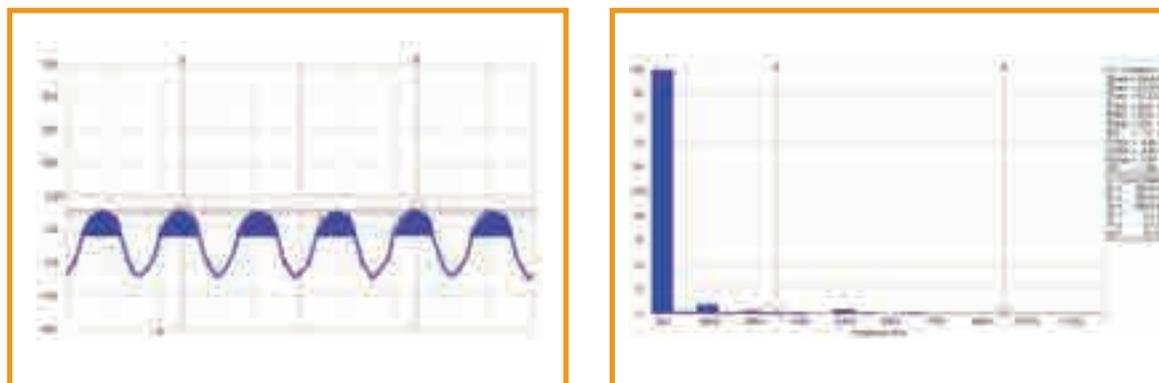


Figura 31 – Perfil da forma de onda do potencial tubo/solo das medidas realizadas nos dutos na caixa de válvula V05-05

verificou-se uma certa correlação da taxa de corrosão e os níveis de interferências AC: maiores taxas de corrosão foram observadas para valores de  $E_{\text{pico}}$  mais elevados (CP 01, CP 02 e CP 03 instalados na caixa de válvula V 05-04). Cabe ressaltar que o CP 13 instalados na caixa de válvula V05-03 representa exceção a esta tendência, visto que apresentou uma taxa de corrosão comparável às taxas de corrosão dos cupons instalados na caixa de válvula V 05-05, mesmo sujeita à menor interferência de corrente AC.

A tabela 8 relaciona todos os

resultados das medidas elétricas realizadas nos cupons e as taxas de corrosão dos mesmos. As taxas de corrosão obtidas nos cupons podem ser relacionados com os seguintes parâmetros elétricos: potencial de pico da forma de onda do potencial tubo/solo ( $E_{\text{pico}}$ ), densidade de corrente AC ( $J_{\text{AC}}$ ) e razão densidade de corrente AC e DC ( $J_{\text{AC}}/J_{\text{DC}}$ ). A medida do  $E_{\text{pico}}$  foi introduzida pela equipe técnica do presente estudo e, o seu critério é que a estrutura metálica enterrada está imune à corrosão AC se, e somente se, o  $E_{\text{pico}}$  estiver mais negativo do que  $-0,85 V_{\text{ECSC}}$ . Os

critérios para densidades de corrente ( $J_{\text{AC}}$  e  $J_{\text{AC}}/J_{\text{DC}}$ ) em relação à probabilidade de ocorrência de corrosão AC foram apresentados na tabela 1.

Pelo critério do  $E_{\text{pico}}$ , todos os cupons estavam termodinamicamente favoráveis à corrosão AC, salvo a questão da queda ôhmica. Por esta razão, todos os valores de  $E_{\text{pico}}$  foram destacados em vermelho indicando a probabilidade de ocorrência da corrosão AC. Pelo fato dos cupons CP01, CP02 e CP03 apresentarem maiores valores de  $E_{\text{pico}}$  em relação aos demais, seria razoável esperar que as taxas de corrosão

**TABELA 7 - TAXAS DE CORROSÃO DOS CUPONS INSTALADOS NA CAIXA DE VÁLVULA V 05-05 DO OBATI**

| <i>Local de instalação</i> | <i>Cupom</i> | <i>Dispositivo</i>  | <i>Cupom após retirada do local</i>  | <i>Cupom após limpeza</i>   | <i>Taxa de corrosão (<math>\mu\text{m/a}</math>)</i> |
|----------------------------|--------------|---|--|---|--|
| V 05-05                    | CP 06        |  |  |  | 2,76   |
|                            | CP 07        |  |  |  | 0,642  |
|                            | CP 08        |  |  |  | 0,731  |
|                            | CP 09*       |  |  |  | 93,3   |
|                            | CP 10*       |  |  |  | 58,8   |

\*cupons de corrosão "brancos", não interligados aos dutos e, portanto, sem proteção catódica e sem interferência de corrente AC.

**TABELA 8 – RESULTADOS DAS MEDIDAS REALIZADAS NOS CUPONS DE CORROSÃO E TAXAS DE CORROSÃO**

| Cupom | $E_{\text{pico}} (V_{\text{ECSC}})$ | $J_{\text{AC}} (A/m^2)$ | $J_{\text{AC}}/J_{\text{DC}}$ | EDC ( $V_{\text{ECSC}}$ ) | TC ( $\mu\text{m/a}$ ) |
|-------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------|
| CP 01 | 22,0                                | 12,3                    | 7,9                           | -1,4                      | 55,8                   |
| CP 02 | 22,8                                | 6,3                     | 5,7                           | -1,3                      | 21,9                   |
| CP 03 | 20,0                                | 54,5                    | 8,7                           | -1,4                      | 45,1                   |
| CP 06 | 2,4                                 | 6,2                     | 1,8                           | -1,6                      | 2,76                   |
| CP 07 | 2,2                                 | 6,9                     | 1,6                           | -1,6                      | 0,642                  |
| CP 08 | 2,8                                 | 4,9                     | 1,5                           | -1,6                      | 0,731                  |
| CP 11 | 1,36                                | 14,5                    | 3,4                           | -1,6                      | 0,689                  |
| CP 12 | 2,52                                | 7,0                     | 2,3                           | -1,4                      | 0,736                  |
| CP 13 | 2,08                                | 3,6                     | 0,9                           | -1,3                      | 23,2                   |

destes cupons fossem maiores, fato este que foi comprovado na prática.

Para  $J_{\text{AC}}$  e  $J_{\text{AC}}/J_{\text{DC}}$ , alguns resultados foram destacados em verde e outros em amarelo. Os resultados destacados em verde indicam baixa probabilidade de ocorrência de corrosão AC e os resultados destacados em amarelo indicam média probabilidade de corrosão AC, critérios estes propostos pela literatura (tabela 1). Assim, nenhum dos cupons estava com elevada probabilidade de corrosão AC, o que não explica os resultados das taxas de corrosão dos cupons.

## Discussão

A revisão bibliográfica realizada mostrou que, a partir da década de oitenta do século passado, a corrosão por corrente AC em dutos enterrados passou a ser muito estudada devido a inúmeros casos de falhas observados em campo decorrentes da interferência de correntes AC. Estes estudos permitiram verificar que dutos com valores de potencial DC duto/solo dentro dos limites de proteção catódica podem sofrer corrosão por AC, sendo esta corrosão mais provável quanto maior a intensidade da corrente AC e menor a frequência da corrente AC.

A partir de estudos de casos de falhas em campo e de experiências em laboratório, alguns critérios foram estabelecidos para serem usados como ferramenta para detecção e posterior

mitigação da corrosão por corrente AC. Tais critérios tiveram como base as medidas de densidade de corrente  $J_{\text{AC}}$  e/ou  $J_{\text{DC}}$ , as quais são determinadas experimentalmente em cupons de corrosão instalados em campo, sendo o valor de  $J_{\text{AC}}$  também estimado com uma fórmula empírica, usando os valores de potencial eficaz AC e de resistividade do solo. Os critérios mais aceitos pelos autores e aqueles mais restritivos estão apresentados de maneira resumida na tabela 1.

Nenhum dos critérios citados na literatura, incluindo os apresentados na tabela 1, é considerado como sendo um critério seguro para a mitigação da corrosão por AC, uma vez são relatados, na literatura, inúmeros casos de falhas em campo em dutos cujas condições de operação satisfaziam os critérios estabelecidos.

Fazendo uma análise crítica de todas as informações apresentadas na literatura consultada, verificou-se que os critérios estabelecidos têm como base parâmetros cinéticos (densidade de corrente) e não termodinâmicos, o que é uma incongruência visto que previsões de ocorrência ou não de qualquer evento devem ser feitas tendo como base a termodinâmica e não a cinética. Além disto, percebeu-se que todas as medidas realizadas referiam-se individualmente à corrente AC ( $J_{\text{AC}}$  ou  $E_{\text{AC}}$  eficaz) ou à corrente DC ( $J_{\text{DC}}$  ou  $E_{\text{DC}}$ ), não havendo nenhuma citação que considera o acoplamento da cor-

rente AC com a corrente DC e a forma de onda resultante deste acoplamento, que em última análise é a responsável por qualquer processo eletroquímico que venha a ocorrer na interfase duto/solo. Havendo o acoplamento, o potencial a ser considerado é a soma do potencial AC com DC, em cada instante, e o critério para verificar se um determinado duto está ou não protegido catodicamente não pode ser feito com base no potencial duto/solo DC, mas sim com base no potencial duto/solo acoplado, qual seja,  $E_{\text{AC+DC}}$ , devendo-se afirmar que um duto está catodicamente protegido ao longo do tempo, se e somente se, em cada instante o potencial  $E_{\text{AC+DC}}$  assumir valores que posicionam o duto no domínio da imunidade no diagrama de Pourbaix, domínio este cujos limites dependem do valor do pH duto/solo. Como o maior valor do potencial  $E_{\text{AC+DC}}$  é justamente o potencial de pico da forma de onda, pode-se simplificar o critério afirmando que um duto está catodicamente protegido ao longo do tempo, se e somente se, o potencial de pico da forma de onda do acoplamento do potencial AC e DC assumir valores que posicionam o duto no domínio da imunidade no diagrama de Pourbaix.

Assim sendo, é proposta, neste estudo, a obtenção da forma de onda do acoplamento AC e DC e a comparação do potencial de pico desta forma de onda com o potencial estabelecido co-

mo limite aceitável de proteção catódica, que tradicionalmente é  $-0,85 V_{\text{ECSC}}$ . Esta proposição é feita com base na termodinâmica, o que garante que a previsão seja usada com segurança.

Para poder aplicar na prática o critério proposto, foram adquiridos equipamentos e desenvolvida uma metodologia que permite a realização das seguintes medidas em campo: potencial AC eficaz, potencial DC, potencial do acoplamento das correntes AC e DC, forma de onda do acoplamento AC e DC, potencial de pico AC e DC (obtido a partir da forma de onda), corrente AC e corrente DC.

Apesar da adequação do critério proposto, na prática, esbarra-se com o seguinte problema: ensaios realizados em laboratório e em campo mostraram claramente que os valores de potencial duto/solo medidos em campo sofrem forte influência da queda ôhmica. No caso de dutos não sujeitos à interferência da corrente AC, a queda ôhmica é corrigida fazendo-se a leitura com o sistema de proteção catódica desligado (potencial *off*). No entanto, na presença de correntes de interferência AC, esta prática não é adequada, pois, o potencial *off* lido engloba a queda ôhmica da corrente AC que circula no sistema, mesmo com o sistema de proteção catódica desligado. Sendo assim, deve-se desenvolver uma metodologia em campo que permita a leitura do potencial duto/solo sem a influência da queda ôhmica decorrente da circulação das correntes AC e DC. Este será um dos objetivos de trabalhos a serem desenvolvidos.

Finalmente, foi verificado que nenhum dos trabalhos consultados faz referência à origem das fontes de corrente alternada, sendo citado, na literatura, apenas a ocorrência de interferências das linhas de transmissão de alta

tensão, dos sistemas de distribuição de energia elétrica ou do próprio sistema de proteção catódica. Não há citações claras abordando a questão se a influência da corrente alternada é devida às correntes alternadas de indução ou às correntes alternadas dispersas no solo. Neste projeto, foi feita uma investigação para identificação da origem das prováveis fontes de interferência. Para tal, foi lançada mão da análise do conteúdo harmônico das formas de onda obtidas em campo, uma vez que este parâmetro é uma ferramenta eficaz para tentar mapear as possíveis fontes de interferência em uma faixa de dutos.

A análise do conteúdo harmônico das formas de onda obtidas, durante os ensaios com cupons de corrosão instalados no OBATI, mostrou que a corrente alternada pode ter diferentes origens em trechos diferentes do duto. No geral, foram observadas no OBATI: elevada componente 60Hz provavelmente oriunda de interferências de linhas de transmissão de alta tensão, baixa amplitude da componente 120Hz e, em alguns trechos, alta componente 180Hz provavelmente oriunda do sistema de distribuição de energia elétrica dos grandes centros urbanos.

### Conclusão

Com base na literatura, constatou-se que os critérios adotados para verificar possíveis interferências de corrente AC ainda não são totalmente confiáveis. Além disto, foi verificado que as medidas realizadas em campo levam em consideração apenas os valores individuais de corrente AC ou DC, não se considerando os valores decorrentes do acoplamento das correntes AC mais DC. A obtenção da forma de onda do acoplamento dos potenciais AC e DC, com correção da queda ôhmica, e a comparação

do potencial de pico desta forma de onda com o potencial estabelecido como limite aceitável de proteção catódica, que tradicionalmente é  $-0,85V_{\text{ECSC}}$  é fundamental para avaliação da probabilidade de ocorrência de corrosão AC. A corrosão por corrente AC ocorrerá se o potencial de pico da forma de onda de potencial tubo/solo resultante do acoplamento AC + DC for menor menos negativo do que  $-0,85V_{\text{ECSC}}$ .

### Referências bibliográficas

1. GOIDANICH, S.; LAZZARI, L.; ORMELLESE, M.; PEDEFERRI, M.P., *Influence of AC on carbon steel corrosion in simulated soil solutions*, 16th ICC, paper n. 04-03, Beijing, China, 2005
2. FUNK; PRINZ, SCHONEICH, *Investigation of Corrosion of Cathodically Protected Steel Subjected to Alternating Currents*, 3R International, 32, 1992
3. NACE INTERNATIONAL 2007, *AC Corrosion State-of-the-Art: Corrosion Rate, Mechanism, and Mitigation Requirements*, NACE TG 327, 2007
4. WAKELIN, R., R. GUMMOW, S. SEGALL, *AC Corrosion – Case Histories, Test Procedures and Mitigation*, *Corrosion*/98, paper n. 98565, Houston, 1998
5. COLLET, E.; DELORES, B.; GABILLARD, M.; RAGAULT, I., *Corrosion due to AC influence of very high voltage power lines on polyethylene-coated steel pipelines: evaluation of risks – prevestive measures*, 4, p. 221-226, 2001
6. D. FUNK, H.G. SCHOENEICH, *Problems with Coupons when Assessing the AC-Corrosion Risk of Pipelines*, 3R International, Special steel Pipelines 41, 10-11, p. 54, 2002

Os créditos dos autores encontram-se na primeira parte deste trabalho (edição número 24). **Compilador:** Sérgio E. A. Filho – [seabud@ipt.br](mailto:seabud@ipt.br).



**7 A 9 DE MAIO DE 2009**  
**TRANSAMERICA EXPO CENTER**  
**SÃO PAULO - BRASIL**

Encontro e Exposição Brasileira de Tratamentos de Superfície

# VOCÊ VAI FAZER A DIFERENÇA NO EBRATS 2009!



**O MAIOR  
 EVENTO DO  
 SETOR NA  
 AMÉRICA  
 LATINA**



**EXPOSITORES  
 NACIONAIS E  
 INTERNACIONAIS**

**PALESTRAS**  
  
**EXPOSIÇÃO  
 DE PÔSTERES**



**CURSOS  
 TÉCNICOS**



**Inscrições para visitar a área de exposição, participar  
 de cursos técnicos e palestras gratuitas no site**

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

Patrocinadores Prata:



Apoio Institucional:



Organização:



Promoção:



Comercialização:





Mário Ernesto Humberg

## Ética *empresarial*, saúde e segurança

*Os números oficiais mostram que o Brasil continua sendo um dos campeões em acidentes de trabalho e mesmo de mortes*

O número de empresas que vêm criando seus códigos de ética ou de conduta e, ao mesmo tempo, desenvolvendo significativos projetos de responsabilidade social é crescente. Algumas denúncias públicas e determinados números do mundo do trabalho mostram, no entanto, uma situação menos favorável do que seria de se esperar com essas iniciativas.

Assim, acusações feitas por entidades respeitadas sobre a corrupção na política têm, em muitos casos, uma empresa como corruptora. A esse problema nas relações externas se somam as questões internas de segurança e saúde ocupacional, onde os dados parecem indicar que faltam medidas efetivas para reduzir os preocupantes indicadores negativos.

Os números oficiais mostram que o Brasil continua sendo um dos campeões em acidentes de trabalho e mesmo de mortes. E os dados recentemente divulgados pelo Ministério da Previdência Social indicam um salto de 134% nos casos de doenças ocupacionais, em menos de um ano, o que, em parte, tem como causa a mudança no critério de classificação dessas doenças. Independente disso, o número real de casos deve ser bem maior do que o oficial, pois muitas moléstias resultantes de atividades desenvolvidas no exercício profissional não são computadas. É o caso,

por exemplo, de doenças de coluna adquiridas pelo excesso de esforço, ou do câncer causado pelo manuseio ou pela exposição a produtos perigosos, que se manifestam anos depois, quando o trabalhador já se aposentou. Além disso, mais da metade da população economicamente ativa atua na área informal, cujos dados não existem.

Outro aspecto não considerado nessa estatística são moléstias resultantes de empregos mal remunerados, que obrigam os trabalhadores a viver em locais sem condições adequadas de higiene e habitabilidade, do que decorrem doenças infectocontagiosas. Como consultor constatei muitos casos de empresas com resultados vultosos, cujos empregados moravam em situação precária, o mesmo acontecendo, de forma mais intensa, com certas categorias do funcionalismo público.

Nenhum programa de sustentabilidade, responsabilidade social ou ética empresarial pode ser considerado efetivo e real, e não apenas promocional, se qualquer dessas situações acontece na organização. Pior ainda é a observação do Ministério da Previdência de que há empresas que subnotificam os casos de doenças ocupacionais ou acidentes de trabalho, por razões econômicas (recolhimento do FGTS e maior estabilidade aos afastados) ou para “aparecer bem na foto” (acidente zero).

Hoje há preocupação generalizada com o déficit da Previdência, parte do qual decorre do alto custo dos benefícios acidentários, que absorveram R\$ 10,7 bilhões em 2007. O Governo Federal tomou a salutar iniciativa de mudar o critério do Fator Acidentário de Prevenção (FAP) que era igual para todas as empresas de um mesmo setor, e agora passa a ser definido por empresa – quanto menor o número de ocorrências, menor a contribuição que ela vai pagar ao Seguro de Acidentes do Trabalho.

Essa iniciativa governamental representa mais um estímulo aos dirigentes de empresas éticas, socialmente responsáveis e sustentáveis, para que desenvolvam programas educativos e de prevenção internas, que possibilitem reduzir drasticamente os números de acidentes de trabalho, doenças ocupacionais e problemas correlatos dentro de suas empresas. E, ao mesmo tempo, para que identifiquem as situações de risco que possam estar ocorrendo na vida externa de seus colaboradores, de modo a oferecer salários e benefícios que permitam condições dignas de moradia e saúde para eles e suas famílias.

---

### Mário Ernesto Humberg

*Consultor e conferencista de ética organizacional e de comunicação, é presidente da CL-A Comunicações e do Conselho do Instituto PNBE de Desenvolvimento Social*

**Contato:** meh@cl-a.com

## 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)

**AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS**

[www.international-pc.com/pc/](http://www.international-pc.com/pc/)

**ALCLARE REVEST. E PINTURAS LTDA.**

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

**BIESOLD INTRAGÁS DO BRASIL LTDA.**

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

**BLASTING PINTURA INDUSTRIAL LTDA.**

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

**CIKEL LOGISTICA E SERVIÇOS LTDA.**

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

**COMÉRCIO E INDÚSTRIA REFIATE LTDA.**

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

**CONFAB TUBOS S/A**

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

**CORROCOAT SERVIÇOS LTDA.**

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

**DEPRAN MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.**

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

**DETEN QUÍMICA S/A**

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

**DOERKEN DO BRASIL ANTI-CORROSIVOS LTDA.**

[www.doerken-mks.de](http://www.doerken-mks.de)

**DUROTEC INDUSTRIAL LTDA.**

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

**EBAK MANUT. PINT. E JAT. INDUSTRIAL LTDA.**

[ebak@terra.com.br](mailto:ebak@terra.com.br)

**ELETRONUCLEAR S/A**

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

**ENGEDUTO ENG. E REPRESENTAÇÕES LTDA.**

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

**EQUILAM INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.**

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

**FIRST FISCHER CONSTRUÇÕES**

[firstfischer@wnetrj.com.br](mailto:firstfischer@wnetrj.com.br)

**FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A**

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

**GAIATEC COM. E SERV. DE AUTOM. DO BRASIL LTDA.**

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

**G P NIQUEL DURO LTDA.**

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

**HENKEL LTDA.**

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

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

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

**IMPÉRCIA ATACADISTA LTDA.**

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

**INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE**

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

**INTECH ENGENHARIA LTDA.**

[www.intech-engenharia.com.br](http://www.intech-engenharia.com.br)

**INT - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA**

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

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

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

**KURITA DO BRASIL LTDA.**

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

**MAX PINTURAS E REVESTIMENTOS LTDA.**

[maxpint@terra.com.br](mailto:maxpint@terra.com.br)

**METAL COATINGS BRASIL IND. E COM. LTDA.**

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

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

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

**MTT ASELCO AUTOMAÇÃO LTDA.**

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

**MULTIALLOY METAIS E LIGAS ESPECIAIS LTDA.**

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

**MUSTANG PLURON QUÍMICA LTDA.**

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

**NALCO BRASIL LTDA.**

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

**NORDESTE PINTURAS E REVESTIMENTOS LTDA.**

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

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

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

**OPTEC TECNOLOGIA LTDA.**

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

**PERFORTEX IND. DE RECOB. DE SUPERF. LTDA.**

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

**PPL MANUTENÇÃO E SERVIÇOS LTDA.**

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

**PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.**

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

**QUALITY WELDING CONS., CQ, SERV. E TREINAM.**

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

**QUÍMICA INDUSTRIAL UNIÃO LTDA.**

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

**Q&B SERVIÇOS LTDA.**

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

**RENNER HERMANN S/A**

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

**REXEX METALIZAÇÃO LTDA.**

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

**SEMOT COM. E SERVIÇOS EM CORROÇÃO LTDA.**

[semot@uninet.com.br](mailto:semot@uninet.com.br)

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

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

**SOCOTHERM BRASIL**

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

**SOFT METAIS LTDA.**

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

**SURTEC DO BRASIL LTDA.**

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

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

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

**TECNOFINK LTDA.**

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

**TEC-HIDRO IND. COM. E SERVIÇOS LTDA.**

[tec-hidro@tec-hidro.com.br](mailto:tec-hidro@tec-hidro.com.br)

**TECNO QUÍMICA S/A.**

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

**TRIEX - SISTEMAS, COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.**

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

**TTS - TEC. TOOL SERV. E SIST. DE AUTOMAÇÃO LTDA.**

[info@ttsbr.com.br](mailto:info@ttsbr.com.br)

**ULTRAJATO ANTICORROÇÃO E PINT. INDUSTRIAIS**

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

**UNICONTROL INTERNATIONAL LTDA.**

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

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

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

**VERTICAL SERVICE CONSTRUÇÕES LTDA.**

[verticalservice@verticalservice.com.br](mailto:verticalservice@verticalservice.com.br)

**WEG INDÚSTRIAS S/A - QUÍMICA**

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

**W.O. ANTICORROÇÃO E CONSTRUÇÕES LTDA.**

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

**ZEcT PREVENÇÃO DE CORROÇÃO LTDA.**

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

Mais informações: Tel. (21) 2516-1982  
[www.abraco.org.br](http://www.abraco.org.br)