

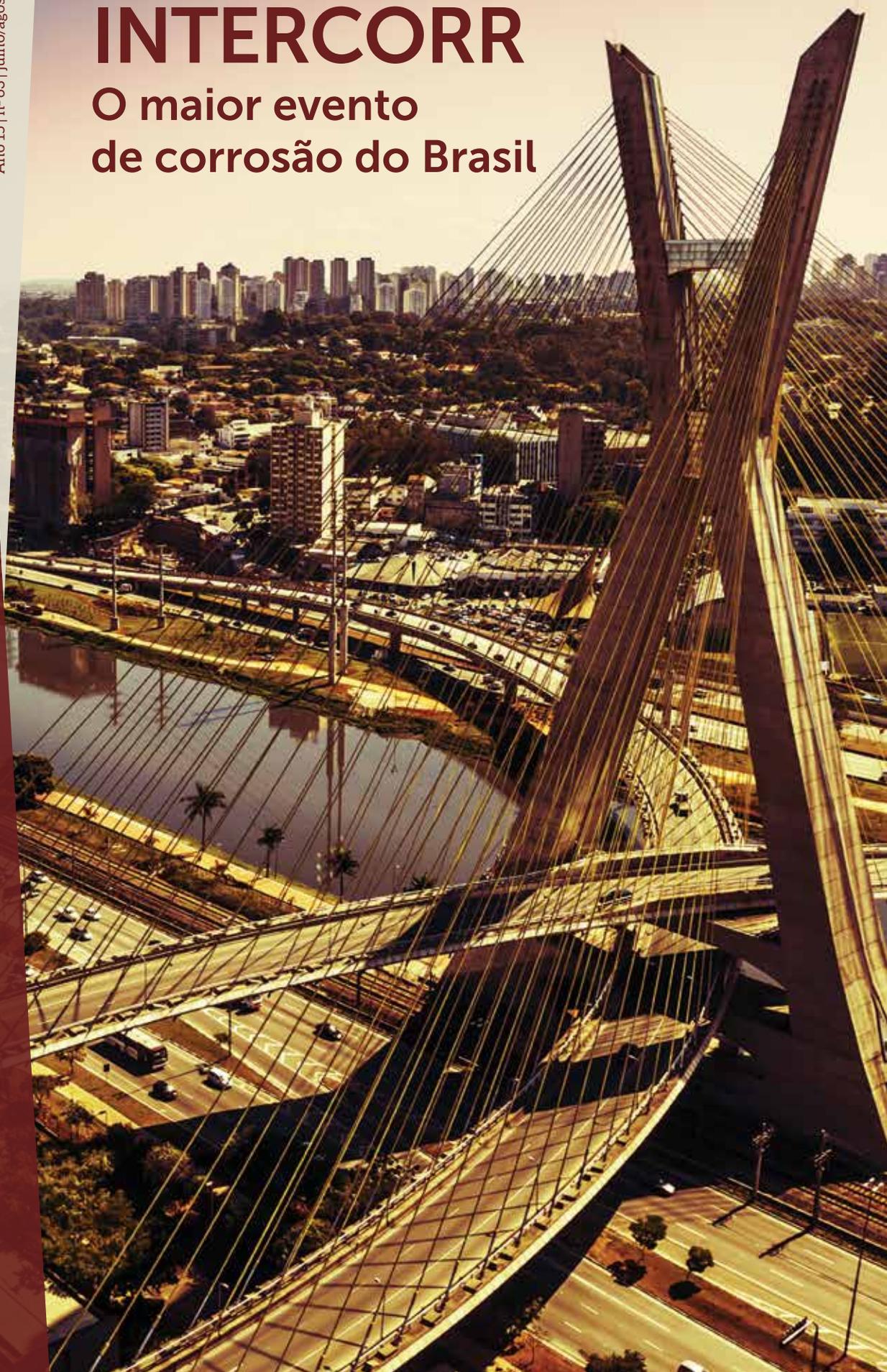
# Corrosão & Proteção

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

Ano 15 | n° 63 | julho/agosto 2018

## INTERCORR

O maior evento  
de corrosão do Brasil



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

ISSN 0100-1485

#### DIRETORIA EXECUTIVA ABRACO Biênio 2017/2018

##### Presidente

Laerce de Paula Nunes – IEC

##### Vice-presidente

Fábio Kränkel – WEG Tintas

##### Diretores

Adauto Riva – RENNER COATING

Carlos Patrício – BBOSH

Danilo Sanches – ZINCOLIGAS

Eduardo Serra – INDIVIDUAL

Mauro Barreto – IEC

Olga Ferraz – INT

Zehbour Panossian – IPT

##### Conselho Editorial

Aldo Cordeiro Dutra – ABRACO

Athayde Ribeiro – ABRACO

Caroline Sousa – ABRACO

Laerce Nunes – IEC

#### REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO

##### Revisão Técnica

Aldo Dutra – ABRACO

##### Jornalista Responsável

Lívia Andrade (MT 0038444/RJ)

##### Redação e Publicidade

ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão

##### Fotografias

Arquivo ABRACO, arquivos pessoais, Adobe Stock, Can Stock Photo, Depositphotos, Dollar Photo, Fotos Públicas, Pexels, Shutterstock e Stock Unlimited.

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

- 03 Editorial
- 05 GRANDES NOMES DA CORROSÃO  
Michael Faraday:  
De aprendiz com  
Sir Humphry Davy a um dos  
maiores cientistas do século  
XIX
- 07 ARTIGO TÉCNICO  
Corrosão Interna:  
Tendências da monitoração  
e controle com a revolução  
digital para o gerenciamento  
seguro e rentável dos ativos  
moderno  
*Pedro Altoé Ferreira*  
*Carlos Alexandre Martins*
- 13 ARTIGO TÉCNICO  
Aplicando a metodologia  
*Lean* de Fabricação aos  
Processos de Proteção  
contra Corrosão  
*Lucia Fullalove*  
*Dr. Algan Teze*
- 25 Maior evento de  
corrosão do país é  
promovido pela ABRACO
- 27 INTERCORR proporciona  
reflexões importantes para  
área de dutos no Brasil
- 28 Pesquisadores do exterior  
ministram conferências  
plenárias no INTERCORR
- 30 Apoio de empresas foi  
fundamental na realização  
do INTERCORR 2018
- 32 ARTIGO CIENTÍFICO  
Estudo da influência  
dos tratamentos  
termomecânicos T8 e T851  
na microestrutura e na  
resistência  
à corrosão da liga AA2198  
*João Victor de Sousa Araujo*
- 45 OPINIÃO  
Inovação tecnológica  
*Mensagem da Advance Tintas*
- 46 Notícias ABRACO
- 48 Eventos | 2º semestre
- 49 Programação de cursos
- 50 Empresas associadas

# A ABRACO cumprindo seus objetivos: INTERCORR, o maior evento de corrosão do Brasil

Assim preceitua a missão da Associação Brasileira de Corrosão - ABRACO: difundir e desenvolver o conhecimento da corrosão e da proteção anticorrosiva, congregando Empresas, Entidades e Especialistas e contribuindo para que a sociedade possa assegurar a integridade de ativos, proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos da corrosão.

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

Dentro deste contexto os eventos assumem papel fundamental na atuação da ABRACO, desde os setoriais - como Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva (SBPA), Seminário Brasileiro de Proteção Catódica (SBPC), Seminário de Galvanização, Seminário de Corrosão Interna, Inibidores e Biocidas, Seminário de Revestimento de Dutos, Congresso Brasileiro de Corrosão, entre outros -, até o nosso grande evento: o INTERCORR.

Em 2018, o INTERCORR foi realizado em São Paulo, no Centro de Difusão Internacional na Universidade de São Paulo (USP), no período de 14 a 18 de maio. O evento contou com mais de uma centena de trabalhos técnicos, conferências plenárias, mesas redondas, painéis, exposição técnica, minicursos e outras atividades do mais alto nível.

Profissionais de empresas, universidades e institutos de pesquisas tiveram a oportunidade de realizar intercâmbio de informações, divulgando estudos e avanços tecnológicos da corrosão em suas mais variadas formas de controle e prevenção.

O INTERCORR, como se sabe, é uma referência para o desenvolvimento do setor industrial, sendo um excelente foro para apresentação de novas tecnologias, divulgação de marcas, oportunidade de negócios e ampliação de relacionamentos e conhecimento.

Patrocinaram o evento a Petrobras, na categoria Diamante; a Zincoligas na categoria Ouro; além de Tinoco Anticorrosão, Tintas WEG e Smartcoat, todas na categoria Bronze. Contamos também com o apoio institucional de grandes entidades, a começar pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

- nosso anfitrião juntamente com a USP - e ainda o ICZ, o INT, a ABENDI, o IBP, IPEN e a UFRJ. Além disso, o evento teve também apoio da FAPESP.

O evento proporcionou uma excelente exposição para aquelas empresas que nos honraram com suas presenças e puderam mostrar suas propostas e atuação no mercado a todos os interessados no combate e controle de corrosão.

Cabe também ressaltar dois acontecimentos sociais da maior importância: o coquetel de confraternização de abertura, realizado no dia 14/05 à noite; e um torneio de tênis patrocinado pela Zincoligas, acompanhado de um bom churrasco no dia 15/05.

O INTERCORR 2018 fez parte dos acontecimentos de comemoração dos 50 anos da ABRACO e, por isso, temos convicção de que as comunidades especializadas nas técnicas de proteção anticorrosiva (revestimentos anticorrosivos, pintura anticorrosiva, proteção catódica, materiais, corrosão interna, pesquisa e ensino da corrosão, entre outras) saíram do evento muito bem contempladas tecnicamente, pelo que puderam presenciar e participar neste grande evento. ▲

Laerce de Paula Nunes  
Presidente da ABRACO

## Anuncie na Revista Corrosão & Proteção

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

INFORMAÇÕES:  
[marketing@abraco.org.br](mailto:marketing@abraco.org.br)



# GRANDES NOMES DA CORROSÃO

## Michael Faraday

Por Laerce de Paula Nunes e Aldo Cordeiro Dutra



## De aprendiz com Sir Humphry Davy a um dos maiores cientistas do século XIX

**M**ichael Faraday foi um grande pesquisador inglês e estudioso físico e químico, especialmente nos aspectos experimentais, como um inigualável inqueridor. Foi o criador das leis fundamentais da eletrólise e também da eletricidade, tendo concebido e realizado o primeiro motor eletromagnético. São de sua autoria vários termos técnicos usados na corrosão eletroquímica e na eletrólise, tais como: eletrodo, eletrólito, íons, anodo, catodo, entre outros. Seu nome foi immortalizado numa importante unidade de capacidade elétrica, o Farad (F). A sua rica criação impactou profundamente os conceitos do estudo da corrosão.

Michel Faraday nasceu em Newington Butts, nos arredores do sul de Londres, Inglaterra, no dia 22 de setembro de 1791. Logo depois, a família mudou-se para Londres. Na qualidade de filho de um ferreiro, recebeu pouca instrução escolar no início da sua vida. Assim, aos 13 anos, teve que abandonar a escola e passar a trabalhar como entregador de livros para um encadernador que era também comerciante de livros. Um ano mais tarde, o livreiro

o colocou como aprendiz de encadernador, e Faraday passou a morar na casa do patrão, onde, em seus momentos de folga, podia ler muitos livros. Mais tarde, ele escreveu em suas anotações pessoais: “dois livros ajudaram-me de maneira especial: a Enciclopédia Britânica e Conversations on Chemistry, de Jane Marcet, que me deu os fundamentos daquela ciência”.

Em 1810, Faraday fez um breve curso de Filosofia Natural e suas notas cuidadosas, feitas durante esse período, foram encadernadas por ele em dois volumes. Nesse mesmo ano, foi convidado para assistir a um conjunto de quatro conferências de Sir Humphry Davy, químico inglês que, mais tarde, foi presidente da Royal Society no período de 1820 a 1827. Com sua atenção focada nos assuntos apresentados, fez minuciosas observações, redigindo-as, mais tarde, de forma mais completa. Após assistir a essas conferências, ele tornou-se um admirador de Davy. Em 1812, aos 20 anos, resolveu abandonar seu emprego de encadernador e, com o desejo de obter um emprego em um laboratório científico,

dirigiu uma carta a Davy, enviando-lhe uma cópia de suas anotações. Davy respondeu-lhe em curto prazo de modo muito favorável, propondo-lhe um encontro.

Faraday, então, teve a oportunidade de uma entrevista com Davy e, na ocasião, mostrou-lhe que também realizava experiências químicas e eletroquímicas, das quais guardava notas. Por exemplo, construíra uma pilha voltaica e decompusera eletricamente diversas substâncias.

Em março de 1813, Faraday começou a trabalhar no laboratório de Sir Humphry Davy como aprendiz. Sete meses depois, Humphry e Lady Davy (Jane Apreece), com quem acabara de casar, partiram em viagem pelo continente em um misto de lua de mel e viagem científica, quando fazia diversas conferências e experiências, e convidou Faraday para ir junto como seu “assessor filosófico”. Assim, no dia 13 de outubro daquele ano, partiram para a Europa e Faraday escreveu em seu diário: “esta manhã marca uma época em minha vida”. Realmente, teve muitas surpresas boas, tendo conhecido o mar, as montanhas e o Vesúvio. O antigo encadernador se encontra agora com os maiores cientistas da época, como Alessandro Volta e André-Marie Ampère, Joseph Gay-Lussac além de outros cientistas e filósofos. Faraday seguiu no laboratório de Davy como secretário e ajudante científico.

Em abril de 1815, de volta à Inglaterra, Faraday passou a integrar a Real Institution, continuando sua produtiva carreira e tornou-se sucessor de Davy como diretor dos laboratórios. Durante muitos anos realizou experiências em química, eletroquímica e metalurgia. Ajudou a desenvolver a famosa lâmpada de segurança de Davy. De seu interesse pela eletroquímica surgiram as leis da eletrólise, também conhecidas como “Leis da eletrólise de Faraday”. Todos os seus desenvolvimentos foram importantes para os conhecimentos da corrosão e da proteção anticorrosiva.

As leis de Faraday permitiram a produção dos primeiros medidores comerciais de eletricidade. Outro ponto importante era a capacidade que

ele adquiriu em definir exatamente o valor de um ampere, unidade de intensidade da corrente elétrica. Elas foram também fundamentais no estudo da corrosão e diversas técnicas de proteção, como por exemplo, a proteção catódica. As leis de Faraday são referenciadas frequentemente quando se trata da corrosão eletrolítica, por exemplo, citando-se que, no caso do aço, ela conduz a um desgaste de 9,2 kg de ferro por ampere/ano.

Na área da química, ele descobriu o benzeno, produziu os primeiros cloretos de carbono conhecidos ( $C_2Cl_6$  e  $C_2Cl_4$ ), ajudou a estender os fundamentos da metalurgia e da metalografia, além de ter tido sucesso em liquefazer gases nunca antes liquefeitos (dióxido de carbono e cloro, entre outros), tornando possível métodos de refrigeração que foram muito utilizados.

Pesquisou também algumas ligas de aço e produziu vários tipos novos de vidros. Um desses vidros tornou-se historicamente importante por ser a substância em que Faraday identificou a rotação do plano de polarização da luz quando era colocado num campo magnético e também por ser a primeira substância a ser repelida pelos polos de um íman.

Quando Davy contratou Faraday como seu ajudante em 1813 ele não imaginava que Faraday se tornaria um notável cientista – na verdade, um dos maiores do século XIX –, a ponto de eclipsar a figura do mestre.

Faraday morreu na sua casa em Hampton Court em 25 de agosto de 1867, aos 75 anos, sem deixar filhos. Ele não foi enterrado na Abadia de Westminster, conforme afirmam alguns autores, mas no Cemitério de Highgate no norte de Londres.

## Referências

*Documentos consultados na Internet:*

1. Dilva Frazão - Biografia de Michael Faraday
2. Jennifer Rocha Vargas Fogaça - Michael Faraday (1791-1867)
3. Explicatorium - Michael Faraday
4. Michael Faraday - Wikipédia, a enciclopédia livre

# CORROSÃO INTERNA

Tendências da monitoração e controle com a revolução digital para o gerenciamento seguro e rentável dos ativos



**Pedro Altoé Ferreira**

Petrobras/CENPES (Gerência de Integridade, Equipamentos e Corrosão)  
Engenheiro de Petróleo Sênior  
altoe@petrobras.com.br



**Carlos Alexandre Martins**

Transpetro (Gerência de Engenharia da Integridade e Geotécnica)  
Engenheiro Sênior  
c.alexandre@petrobras.com.br

## Resumo

Na indústria de óleo e gás, o gerenciamento da corrosão interna e consequentemente da integridade é feito através de tomadas de decisões que consideram desde a análise de dados de parâmetros críticos do meio, do material e do processo ao longo do tempo, e as possíveis opções de mitigação técnico-econômicas, de acordo com o sistema a ser protegido. Para o efetivo gerenciamento da corrosão interna, inúmeras técnicas e procedimentos devem ser empregados. Recentemente, ocorreram avanços tecnológicos, entre eles o desenvolvimento de sistemas de monitoração da corrosão de maior sensibilidade, bem como de menor custo, de fácil instalação, menor risco operacional e menor custo de manutenção. O artigo apresenta uma visão geral sobre a importância do gerenciamento da corrosão interna e algumas tendências tecnológicas, como a evolução digital, que poderá melhorar as tomadas de decisões e consequentemente a segurança operacional e integridade dos ativos na indústria do petróleo.

**Palavras-chave:** corrosão interna, petróleo, gerenciamento, sensoriamento, integridade.

## Introdução

Na indústria de óleo e gás, o gerenciamento da corrosão interna e consequentemente da integridade é feito através de tomadas de decisões que consideram desde a análise de dados de parâmetros críticos do meio, do material e do processo ao longo do tempo, bem como as possíveis opções de mitigação técnico-econômicas de acordo com o sistema a ser protegido. Portanto, se o sistema a ser gerenciado for uma linha de coleta de produção, uma planta de separação/tratamento, um duto de transferência ou transporte, técnicas e premissas diferentes deverão ser adotadas conforme a sua especificidade.

Um dos pontos principais para a melhor gestão de um ativo de petróleo é planejá-lo considerando o seu investimento inicial (CAPEX) e os custos operacionais (OPEX), incluindo custos de descomissionamento, da forma mais equilibrada possível, ou seja, rentável e segura, com base nas premissas iniciais de projeto, sendo posteriormente ajustadas com a revisão de algumas destas premissas em função de fatos inesperados que possam acontecer ao longo da vida operacional do ativo. Neste contexto, o gerenciamento da corrosão interna tem uma grande contribuição, pois é recorrente a ocorrência de falhas de corrosão por problemas oriundos da fase de operação, assim como originados na fabricação, construção e comissionamento.

Por exemplo, na área de dutos de transferência ou de transporte, o gerenciamento da corrosão interna é feito a partir de uma gama de dados obtidos por diferentes técnicas, abrangendo desde dados de inspeção interna, registrados por pigs instrumentados, dados de monitoração da corrosividade do meio com sistemas intrusivos como cupons e sondas de resistência elétrica, perdas efetivas de parede via sistemas não intrusivos por distorção de campo elétrico ou ultrassom, além da análise da corrosividade do meio via análises químicas específicas do fluido transportado, a caracterização de sólidos e a avaliação da atividade de microrganismos. Soma-se ainda o acompanhamento de parâmetros críticos operacionais que influenciam diretamente no mecanismo da corrosão interna,

assim como informações de produtos químicos quando a mitigação é obtida por meio de tratamentos químicos anticorrosivos.

Como na área de produção e transporte de óleo e gás é comum ser encontrado, nos fluidos produzidos, agentes corrosivos naturais como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , cloreto, etc., a corrosão interna é uma preocupação constante da indústria. Dependendo do meio, material e condições de processo a corrosão pode ser generalizada, localizada ou por formação de fissuras (“*cracks*”). Devido à necessidade de se avaliar e controlar a corrosividade do meio e assim garantir a integridade dos aços (ex.: carbono e outras ligas nobres) empregados, existe uma quantidade enorme de pesquisas e trabalhos feitos pela comunidade internacional procurando melhor entender os mecanismos que levam à corrosão, como monitorá-la, identificá-la de forma mais econômica e confiável, controlá-la e também prever seu comportamento futuro. Devido às especificidades da produção de petróleo no Brasil, e pioneirismo no desenvolvimento da produção em águas profundas e ultraprofundas, muitos estudos<sup>(1 a 15)</sup>, alguns inéditos, foram feitos pela nossa comunidade, contribuindo assim para esta grande base de conhecimento do setor de óleo e gás.

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

A expectativa de um mundo melhor é grande na área de gerenciamento da corrosão/integridade, pois existem muitas perguntas e dúvidas, no dia a dia da operação ou na fase de projeto, que demandam decisões mais conservadoras devido à escassez ou inexistência de dados, ou

de um banco de dados robusto com sistemas de capacidade analítica. Neste aspecto, a evolução que deveremos ter nas próximas décadas com a revolução digital na área de óleo & gás deverá ajudar e facilitar muito o dia a dia dos profissionais e das empresas envolvidas neste contexto.

## Discussão

No gerenciamento de ativos na indústria de óleo e gás, uma das atividades importantes é o gerenciamento da integridade estrutural, da qual um dos mecanismos mais impactantes é a corrosão interna. A integridade dos ativos é fundamental para a continuidade operacional, minimizando custos operacionais, tais como: custos extras de manutenções não planejadas e remediações ao meio ambiente em caso de vazamentos, além dos danos incomensuráveis à imagem da Empresa. Apesar de todos os sistemas precisarem ser seguros e confiáveis, um dos pontos mais críticos para a integridade nesta indústria é a área de dutos, devido à extensão e dificuldade de acesso para sua avaliação. A corrosividade dos fluidos transportados varia com alguns parâmetros operacionais, além da sua composição específica, tais como: temperatura, pressão, velocidade, padrão de fluxo, quantidade de água, teor de contaminantes como cloretos,  $O_2$ ,  $H_2S$  e  $CO_2$ , bem como com as características metalúrgicas destes dutos.

Existe uma preocupação grande da indústria de óleo e gás em entender os fundamentos relacionados aos mecanismos de corrosão interna, para que as estratégias mais adequadas de controle e de monitoração possam ser adotadas. Além disso, com base em dados de laboratório e de campo, há um grande esforço concentrado na obtenção de modelos preditivos. O objetivo do uso desses modelos preditivos (simuladores) é empregá-los como uma ferramenta de auxílio na previsão da corrosividade em um projeto novo ou existente, onde as condições do meio ou operacionais foram modificadas. Os resultados desses modelos podem também auxiliar na identificação de pontos críticos onde o processo corrosivo possa estar ocorrendo, de forma a orientar a estratégia

de monitoração e controle. Entretanto, como esses modelos preditivos são limitados, muitas das informações necessárias para complementar os dados para esta análise e posterior definição da estratégia de acompanhamento e controle são obtidas via dados de laboratório.

Um dos fatores que contribuem para a complexidade do entendimento do processo corrosivo em meios com  $CO_2$ ,  $H_2S$ , cloretos, etc., é a superposição de diversas variáveis que contribuem ou minimizam a corrosão, aliando-se ao dinamismo típico do meio ao longo do tempo. Face a este cenário, a superposição de mecanismos requer um claro entendimento dos efeitos de cada parâmetro de forma independente, para que um eventual progresso da taxa de corrosão possa ser melhor compreendido quando temos o efeito de duas, três ou mais variáveis atuando simultaneamente.

No gerenciamento da corrosão, combinações de dados coletados rotineiramente por diferentes técnicas são usados como insumo pelos responsáveis pela operação para avaliar o comportamento e os riscos da corrosão, inclusive para o planejamento das medidas de controle ou de mitigação. Uma das informações valiosas para o operador e seus especialistas em corrosão é a avaliação do estado real do duto, tubulação ou equipamento, através de técnicas capazes de avaliar a espessura de parede e o potencial de corrosividade do meio. Como a corrosão é um processo contínuo e dinâmico, a sua avaliação demanda informações mais constantes do que somente aquelas obtidas, por exemplo, na área de dutos por pigs instrumentados, os quais são empregados em geral a cada 5 ou 10 anos. Os dados obtidos via pigs instrumentados refletem somente a perda de espessura ocorrida, ou seja, a corrosão acumulada, que já ocorreu provocada pelas características do fluido e condições operacionais. Logo, a perda de espessura efetiva de parede devido à corrosão é consequência de quanto do potencial de corrosividade do fluido desgastou a parede ao longo do tempo, ou seja, a taxa efetiva de dissolução da estrutura metálica. Embora estas informações obtidas com os pigs instrumentados sejam muito valiosas,

trata-se de uma avaliação reativa da corrosão interna/integridade.

Para termos de fato um gerenciamento, é necessário adotarmos também ações proativas, como as já mencionadas, além da aplicação de técnicas que nos permitam coletar dados sobre o potencial de corrosividade do meio ao aço (C-Mn ou liga) antes que a corrosão se manifeste efetivamente, ou seja, quando a perda de espessura ocorrer de forma mais acentuada. Por este motivo, a estratégia de como monitorar a corrosão interna depende da aplicação de diferentes técnicas.

Para definirmos as técnicas e estratégias de monitoração da corrosão interna é importante considerarmos:

- a) O tempo que ainda se espera operar de forma segura até a próxima inspeção (ex.: pigs de corrosão, do ponto de vista da integridade estrutural mecânica de um duto);
- b) O tempo de operação em relação à vida útil operacional remanescente esperada do ponto de vista empresarial em relação ao retorno do investimento feito naquele ativo.

Para que o gerenciamento possa contribuir, é fundamental monitorar e integrar em uma base única e de fácil acesso os dados coletados, para que esta gama de dados seja interpretada pelos especialistas e por sistemas de inteligência artificial. Portanto, termos uma base de dados integrada é importante, pois permite incorporarmos registros de falhas ou sucessos no uso de certos materiais e suas ligas, aprimorando a base de conhecimento e, conseqüentemente, a confiabilidade. Para melhorarmos esta base de conhecimento, é vital termos muitos dados e com a respectiva qualidade. A expectativa é que, com a expansão do sensoriamento, o acompanhamento on-line de parâmetros críticos ajudará a melhor avaliarmos e definirmos as condições limítrofes do ciclo de vida de um material ou equipamento.

Neste contexto, a expansão – e implantação – de sistemas de sensoriamento da corrosão on-line é de grande relevância na melhoria da gestão e confiabilidade dos ativos. A aplicação

de algoritmos de análise de dados e suas tendências auxiliariam a avaliação do comportamento da corrosão de um determinado material, bem como se as medidas corretivas estão surtindo efeito e em que extensão. A etapa inicial está na implantação de um sistema de sensoriamento. Atualmente, o mercado já oferece diversas opções de sensores para monitorar muitas das variáveis críticas que impactam um processo corrosivo, como pressão, temperatura, vazão. Já existem também alguns sensores específicos de pH, H<sub>2</sub>S, íons seletivos, taxa de corrosão do fluido transportado, taxa de desgaste da espessura por sistemas não intrusivos, etc. Esta gama de dados nos dá oportunidade para criarmos uma grande base de dados (Big data) da corrosão. A integração de dados de campo com informações obtidas em estudos em escala de laboratório ou computacional, se devidamente concebidos e analisados, podem dar oportunidade a grandes saltos em termos de limite de aplicação de alguns materiais, soluções de mitigação da corrosão, ou mesmo de vida útil remanescente.

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

- O desenvolvimento de sensores específicos para monitorar a corrosão ou parâmetros críticos;
- O desenvolvimento de sensores de menor custo usando nano materiais, ou sistemas à bateria com baixo consumo de energia;
- A criação de sistemas de análise e integração de dados de corrosão para estabelecer correlações ou algoritmos a serem incorporados em equipamentos ou sistemas de gerenciamento da corrosão/integridade, desenvolvidos em ambiente empresarial seguro;
- Estudos de laboratório e em escala piloto para validar conclusões que referendem novos limites ou novos mecanismos de falha sugeridos pelos softwares e sistemas de inteligência artificial;

- O desenvolvimento de softwares de corrosão para gerenciamento e previsão do comportamento de determinados sistemas.

Apesar de termos no mercado um número grande de profissionais de ciência computacional que irão desenvolver as plataformas, estruturas de programação e base de dados para desenvolver os produtos citados na área de gerenciamento da corrosão, existe a necessidade de um trabalho integrando uma equipe multidisciplinar. Teremos que ter um time de profissionais com engenheiros químicos, engenheiros de petróleo, engenheiros de materiais ou metalúrgicos que possuam o conhecimento adequado para interpretar o processo, criar e validar algoritmos, e/ou avaliar o desempenho esperado para um determinado material/sistema, principalmente no caso de expansão dos seus limites de aplicação.

## Conclusões

A corrosão é resultado da interação de vários parâmetros oriundos de três dimensões: meio, processo e material. Portanto, para que o gerenciamento da corrosão interna possa agregar valor, inúmeras técnicas e procedimentos devem ser aplicadas. Estas técnicas em geral fornecem informações complementares.

Atualmente estamos atravessando a era da revolução digital, onde as tendências tecnológicas estão sendo norteadas por avanços na área de materiais, sensoriamento, processamentos de dados e pela conectividade. Logo, a disponibilização de sistemas mais simples de monitoramento da corrosão, não intrusivos e potencialmente mais baratos, pode ampliar o sensoriamento e consequentemente beneficiar as análises e decisões dos especialistas envolvidos no gerenciamento da corrosão. Uma das tendências é o desenvolvimento de sistemas de monitoração da corrosão de maior sensibilidade e de menor custo e tamanho, e de mais fácil instalação e menor risco operacional, com menor custo de manutenção. Isto daria um grande impulso devido à ampliação do sensoriamento das instalações. Para gerarmos os dados e todos os outros

desenvolvimentos da revolução digital, precisamos investir mais no desenvolvimento de novos sensores.

Existe hoje uma expectativa grande que a revolução ou evolução digital trará novos mercados e negócios para a sociedade, incluindo o setor de óleo e gás. E especificamente para os operadores, especialistas e engenheiros da área de gerenciamento da corrosão, assumindo que estes poderão contribuir para: (a) gerar novas bases de conhecimento, ou analisar/auditar os registros do “big data da corrosão”; (b) desenvolver novos sensores, seus sistemas de integração e softwares especialistas em parceria com os especialistas da área de ciência computacional; (c) estudar em escala piloto ou de bancada novos limites para certos materiais ou novos mecanismos de falha sugeridos pelos softwares ou até mesmo sistemas de inteligência artificial, à medida que estes sistemas comecem a ser criados e utilizados pela indústria.

Portanto, a evolução no gerenciamento da corrosão interna nas próximas décadas permitirá, no futuro, um melhor entendimento dos limites dos materiais e decisões com menor incerteza sobre as melhores alternativas de mitigação, tais como: troca de material, introdução de alguma instalação (plantas de tratamento) para remoção do(s) agente(s) corrosivo(s) ou corrente corrosiva, tratamento químico com inibidores, biocidas ou sequestrantes, ou mesmo conviver com reparos programados dentro de uma política de gestão de risco confiável. Logo, o gerenciamento da corrosão interna, se bem realizado e com a robustez necessária, trará grandes retornos financeiros, principalmente para processos que demandem tomadas de decisões complexas e difíceis, como aquelas que requeiram a operação além de limites de projeto inicialmente estabelecidos, ou em decisões associadas à definição da extensão da vida remanescente operacional de um equipamento ou sistema.

Para chegarmos neste futuro, ou seja, evolução, é necessário tomarmos atitudes que permitam a nós mesmos criarmos o futuro. Para isso

precisamos ter uma interatividade forte entre profissionais da engenharia de petróleo, engenheiros químicos, e engenheiros de materiais e corrosão, com os profissionais da área de ciência computacional e tecnologias digitais. Só assim poderemos acelerar e criar um ambiente favorável para que as plataformas, estruturas de programação, base de dados, algoritmos, e sistemas de inteligência artificial sejam adequadamente produzidos para atender as necessidades da área de gerenciamento da corrosão e integridade dos ativos do setor de óleo e gás.

## Referências

- 1- Ferreira, P. Altoé, *Offshore Magazine* 1995, Latin America, "Challenging corrosion problems in new Santos Basin field", Jan, 1995
- 2- R.D. Kane, D. Abayathna, and P.A. Ferreira, "Corrosivity Assessment of Sour Acid Gas And Paraffin Oil Flow Lines Using Simulated Multiphase Environment Tests", NACE CORROSION 1997, Paper No. 3, NACE International, Houston, Texas, March 1997
- 3- Pedro Altoe F., Décio G.P., Cristina V.M.F., "Experiência de Campo com a Aplicação de Técnicas de Monitoração no Controle da Corrosão Interna de Oleodutos com Inibidores", XXI CONBRASCORR 2001, São Paulo, Brasil, 20 a 22 de Agosto de 2001
- 4- Ferreira, P. Altoé; Ferreira, Cristina Velloso M., "Simuladores para Meios com CO<sub>2</sub> Usados na Avaliação Direta de Risco de Falha por Corrosão Interna: Cuidados e Critérios", Bahia, 2002 - 6<sup>o</sup> COTEC e 22<sup>o</sup> CONBRASCORR, Ago, 2002.
- 5- Ferreira, P. Altoé; Ferreira, Cristina V.M., "Mitos e Verdades sobre a Corrosão pelo CO<sub>2</sub> em sistemas de Produção de Óleo e Gás - Poços, Dutos e Plantas", 2003-7<sup>o</sup> COTEC, 2003
- 6- Ferreira, P. Altoé; Ferreira, Cristina Velloso M., "Critérios de Seleção e Aplicação de Inibidores de Corrosão para Águas Ultra Profundas", 24<sup>o</sup> CONBRASCORR 2004, Rio de Janeiro, Junho, 2004
- 7- Ferreira, Pedro A.; Ferreira, Cristina Velloso M., "Critérios de Seleção e Aplicação de Inibidores de Corrosão para Águas Ultra Profundas", 24<sup>o</sup> CONBRASCORR 2004, Rio de Janeiro, Junho, 2004
- 8- Ferreira, P. Altoé; Marcio F. C. Bezerra, Roberto Loschiavo, The Internal Corrosion Integrity Strategy on the Development of New Offshore Production Areas in Brazil, Offshore Technology Conference (OTC) 2004, May, Houston, Texas - EUA, 2004
- 9- Cheolho Kang (CC Technologies-a DNV Company), Parimal P. More (CC Technologies-a DNV Company), Jose Vera (CC Technologies-a DNV Company), Marcelo Araujo (Petrobras), Eduardo Costa Bastos (Petrobras), Pedro Altoe Ferreira (Petrobras), Flow Patterns and Characteristics in Multiphase Riser Pipelines, NACE, CORROSION 2006, 12-16 March, San Diego, California, 2006
- 10- Cheolho Kang (CC Technologies-a DNV Company), Parimal P. More (CC Technologies-a DNV Company), Jose Vera (CC Technologies-a DNV Company), Marcelo Araujo (Petrobras), Eduardo Costa Bastos (Petrobras), Pedro Altoe Ferreira (Petrobras), Effect of flow on corrosion and its inhibition in riser pipelines, NACE, CORROSION 2008, 16-20 March, New Orleans, Louisiana, 2008
- 11- Conchita Mendez (CC Technologies-a DNV Company) | Alvaro A. Oliveira Magalhaes (Petrobras) | Pedro Altoe (Petrobras - Cenpes) | Eduardo Acosta (Petrobras), Offshore Technology Conference (OTC) 2009, OTC 20168, May, Houston, Texas - EUA, 2009
- 12- Mutaz A. Daas (Multiphase Solutions Kenny Inc), Thomas Stephen Golczynski (Multiphase Solutions Kenny Inc), Alvaro A. Oliveira Magalhaes (Petrobras), Eduardo Costa Bastos (Petrobras), Pedro Altoe Ferreira (Petrobras), Downhole Chemical Injection Through Gas Lift: Options and Consequences, SPE 2011, Brazil Offshore, June, 2011
- 13- R.V. Landim; G.S. Pimenta; I.P. Baptista; Pedro Altoe F.; M. Araujo; S.M.C. de Souza; O.B. Ferraz; R.O. Centeno; I. C. Abud; J.A.C. Velasco; Viviane de Oliveira, "The use of slow strain rate method (SSRT) according to standards: ASTM G129-06 and NACE TM0198-04 to evaluate the susceptibility to stress corrosion cracking of materials to different ethanol", RioPipeline 2011, IBP 2102, 2011
- 14- Silva, V. Gomes; Vaz, G. Leitão; Ferreira, P. Altoe, RIOPIPELINE 2017, Rio de Janeiro, RJ, artigo 2374, "Evaluation of non-intrusive systems for internal corrosion monitoring", Outubro, 2017
- 15- Ferreira, P. Altoé, Intercorr 2018, artigo 29, Perspectivas e tendências da monitoração da corrosão na indústria de óleo e gás com a evolução dos sensores e a revolução digital, São Paulo, SP, Maio, 2018

## Sobre os autores

**Pedro Altoé Ferreira:** Graduado em Engenharia Química na UFRJ e com Mestrado em Engenharia de Materiais e Metalurgia na área de Corrosão pela COPPE, e especialização em Gestão Tecnológica pela UNICAMP, de Negócios pela FDC, e técnicas de negociação com a Berkeley Haase School of Business, CA, EUA. Possui especialização em técnicas de monitoração, testes de corrosão e tratamentos químicos pela UMIST, Manchester, Inglaterra, e pela CLI-Inter, Houston, EUA. Engenheiro de Petróleo na Petrobras desde 1987, onde trabalha na gerência de Materiais, Corrosão, Integridade do Centro de Pesquisas da Petrobras. Atuou também nas áreas de Produção de Petróleo na Bacia de Campos, e como gestor tecnológico de portfolio de projetos de P&D na área de transporte, e redes temáticas de dutos e construção naval de 2007 a 2016. Foi representante da Petrobras no Corrosion in Multiphase Flow Consortium com a Univ.de Ohio de 1997 a 2006, Board of Directors do Pipeline Research Council International (PRCI), EUA, de 2006 a 2013, e na área de Solids (Black Powder) in Pipelines no Natural Gas Group junto as NOCs.

**Carlos Alexandre Martins:** Graduado em Engenharia Mecânica na UERJ e com Pós Graduação em Engenharia de Dutos pela PUC-RJ. Engenheiro de Materiais e Inspeção na Transpetro desde 2002, onde trabalha na Gerência de Engenharia da Integridade e Geotécnica. Atuou também nas áreas de planejamento de manutenções especiais em áreas de alto risco em Usinas Nucleares, no gerenciamento técnico-comercial nas áreas de transporte marítimo e na construção naval, atuando no acompanhamento da construção e reparos de navios e plataformas, assistência técnica pós construção e na qualificação de mão de obra. ▀

# APLICANDO A METODOLOGIA LEAN\* DE FABRICAÇÃO AOS PROCESSOS DE PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO



## **Lucia Fullalove**

MSc, BSc, FICorr - Diretora da Fullalove and Associates Consultancy Ltd. Membro do Instituto de Corrosão do Reino Unido (ICorr) e Membro do Comitê de Desenvolvimento e Treinamento Profissional do ICorr (PDTC)  
lucia@fullaloveconsultancy.co.uk

## **Dr. Algan Tezel**

Professor da Universidade de Huddersfield

## **Resumo**

A indústria da construção civil Britânica adotou o “pensamento *Lean*” para melhorar a eficácia e eficiência do trabalho de construção. Esta nova prática de trabalho requer a aplicação de ferramentas e técnicas especializadas. Clientes como a *Highways England* e a *Network Rail* exigem evidências de toda a sua cadeia de suprimentos sobre o uso da abordagem *Lean* na prestação de seus serviços. Para adquirir conhecimento desta metodologia, é necessário realizar o treinamento adequado para que o “*Lean*” possa ser implantado. Considerando que a comunidade de corrosão faz parte da cadeia de suprimentos da construção civil é, portanto, essencial que os especialistas em corrosão conheçam essa nova prática de trabalho e compreendam seus possíveis benefícios.

**Palavras-chave:** *Lean*, corrosão, melhoria contínua, construção, engenharia civil.

\*Nota do Conselho Editorial: *Lean* é um sistema de gerenciamento de produção focado no cliente e estruturado em uma sistemática de melhoria de processos que visa garantir a entrega das exigências do cliente com os padrões e níveis de qualidade exigidos.

Os defeitos e a falha dos ativos durante o serviço geralmente podem ser rastreados até a deterioração pela corrosão. Portanto, o monitoramento da corrosão e a proteção contra corrosão se tornam parte vital e integrante da construção e manutenção de ativos.

Ativos como pontes, plataformas e refinarias, dentre outras (ver figuras 01 e 02), exigem proteção contra corrosão ou monitoramento como parte integrante do programa de manutenção planejada durante a vida útil do ativo. Diversas técnicas de proteção e monitoramento de corrosão foram desenvolvidas e estas são amplamente utilizadas na indústria com o objetivo de retardar o inevitável processo de degradação por corrosão. As técnicas selecionadas irão variar dependendo do material a ser protegido e do ambiente de exposição. É importante notar que a aplicação e a manutenção da proteção contra corrosão, como pintura e proteção catódica, requerem aplicação de recursos financeiros e têm muitas das vezes implicações de segurança no trabalho.

No ambiente de construção civil, a proteção e o monitoramento da corrosão são frequentemente realizados não como atividades autônomas, mas ao lado de outras atividades de trabalho. Portanto, bom planejamento, logística e coordenação com outras áreas de trabalho tornam-se ainda mais cruciais para garantir que os processos de proteção

contra corrosão possam ser realizados e entregues ao cliente dentro do prazo, respeitando o orçamento e com o padrão de qualidade desejado.

A metodologia de proteção/monitoramento da corrosão é essencialmente um processo que inclui e depende de elementos como: mão de obra, maquinário e equipamento, material, método e informação e projeto. Isso pode ser comparado aos requisitos de processo de um sistema de produção, com as atividades formando um pré-requisito essencial para a entrega de um planejamento de tarefas e controle de processos eficazes. Como regra geral, os processos de proteção contra corrosão compreendem os elementos ou atividades mostrados na **figura 3**. Ao mapear e analisar as etapas do processo e identificar quais atividades são de valor agregado ou sem valor agregado (desperdício), as oportunidades de melhoria serão reveladas. A remoção de desperdício do processo resultará na entrega do produto final mais eficiente, mais segura, dentro do orçamento, fornecendo o desempenho necessário e dentro da velocidade de entrega exigida pelo cliente.

Este artigo fornece uma ideia dos benefícios potenciais do *Lean* e explica as práticas *Lean* correspondentes, que permitirão aos profissionais de Corrosão compreender os benefícios e considerar a adoção dos princípios *Lean* ao trabalhar como parte da cadeia de suprimentos.



Fig. 1 - Pontes e viadutos



Fig. 2 - Plataformas

## Diagrama esquemático dos estágios do processo

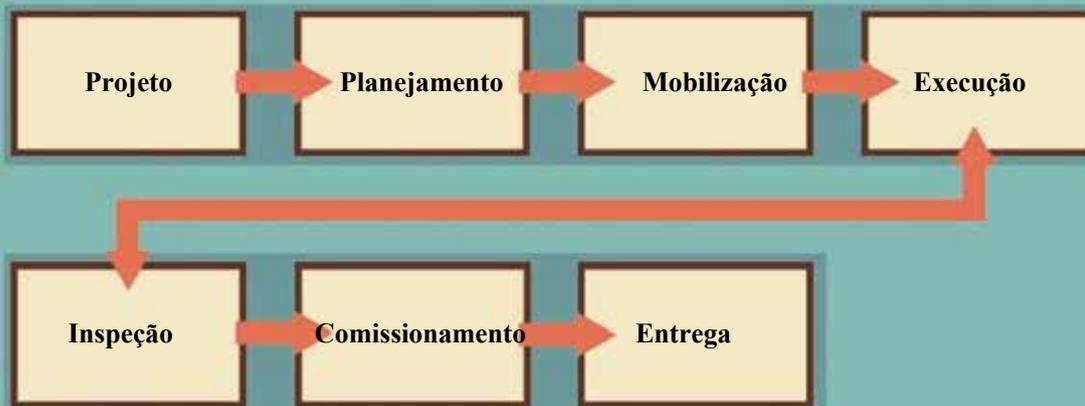


Fig. 3 – Processo genérico simplificado de monitoramento/proteção contra corrosão

### O que é o *Lean*?

A Toyota Motor Corporation desenvolveu os princípios e a metodologia de um sistema de produção visando atingir as mesmas metas operacionais abrangentes, ou seja, ter um sistema de produção consistente e eficaz e processos eficientes. Este sistema de produção é frequentemente chamado de Sistema de Produção *Lean* (LPS), e será referido neste artigo como *Lean*. O sistema *Lean* provou ser eficaz em muitas ocasiões em diferentes indústrias. É um sistema de gerenciamento de produção focado no cliente e estruturado em uma metodologia de melhoria de processos que visa garantir a entrega das exigências do cliente com os padrões e níveis de qualidade exigidos. Ao mesmo tempo em que atende às expectativas dos clientes, o sistema *Lean* utiliza várias ferramentas e técnicas para apoiar a remoção do “desperdício” de um processo, garantindo assim um processo mais eficiente.

Um aspecto importante do *Lean* é a coleta, compreensão e análise de dados do estado ‘como está’ antes da aplicação de ferramentas e técnicas *Lean* adequadas. Ao obter uma compreensão profunda do estado atual do processo, um usuário de *Lean* será capaz de desafiar as atividades/práticas do processo.

Existem cinco princípios fundamentais do *Lean* que podem ser facilmente aplicados à proteção contra corrosão:

- 1) Especificação do valor do ponto de vista do cliente final (interno ou externo).
- 2) Identifica todas as etapas no fluxo de valor para cada atividade de proteção contra corrosão e, sempre que possível, elimina as etapas que não criam valor (os desperdícios do *Lean*).
- 3) Faz com que as etapas de geração de valor ocorram em uma sequência restrita para que o trabalho flua suavemente na direção do cliente. Enquanto isso, padroniza o sistema para minimizar a variabilidade.
- 4) À medida que o fluxo é melhorado, permite que o cliente interno retire o valor da próxima atividade a montante.
- 5) Melhora continuamente o sistema usando as primeiras quatro etapas.

No sistema *Lean*, as atividades de trabalho do processo “end to end” são avaliadas e categorizadas em:

- VA = Valor agregado. Estas são as atividades que agregam valor ao produto final e pelas quais os clientes estão dispostos a pagar.

- ENVA = Valor essencial não-agregado. Nessa categoria estão os requisitos legais, ambientais, de saúde e segurança (H&S) e de treinamento, que são partes obrigatórias do processo, embora o cliente geralmente não esteja preparado para pagar por esses aspectos.
- NVA = Valor não-agregado (DESPERDÍCIO). Estas são atividades dentro do processo que não agregam qualquer valor ao produto final e pelas quais o cliente não tem interesse em pagar.

Um modelo de uma análise de mapeamento do Fluxo de Valor, onde todas as atividades e links são mostrados e classificados como VA, NVA e ENVA, dentro de uma linha do tempo, é mostrado nas **figuras 4A e 4B**. Isso fornece uma boa representação visual das atividades que podem e devem ser revisadas/removidas do processo ou para destacar onde estão as principais oportunidades de melhoria do processo.

Em geral, os trabalhos executados na indústria da construção são afetados por condições ambientais e climáticas e diferem daqueles de um processo controlado e repetitivo encontrado na indústria de manufatura. É importante

entender e adaptar os princípios fundamentais do sistema *Lean* para implementá-los efetivamente nas próprias condições de trabalho. Isso precisa ser feito por meio de aplicativos personalizados.

De acordo com os seus cinco princípios, o *Lean* identifica 'resíduos de processo' que precisam ser eliminados em um sistema de produção. Os 8 Desperdícios do *Lean*, identificados em qualquer processo, e que podem também ser aplicados à proteção contra corrosão, são descritos na **figura 5A** e ilustrados na **figura 5B**, na página seguinte.

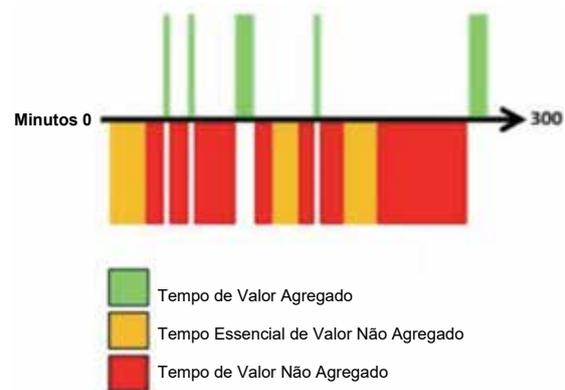


Fig. 4B - Análise de mapeamento de fluxo de valor

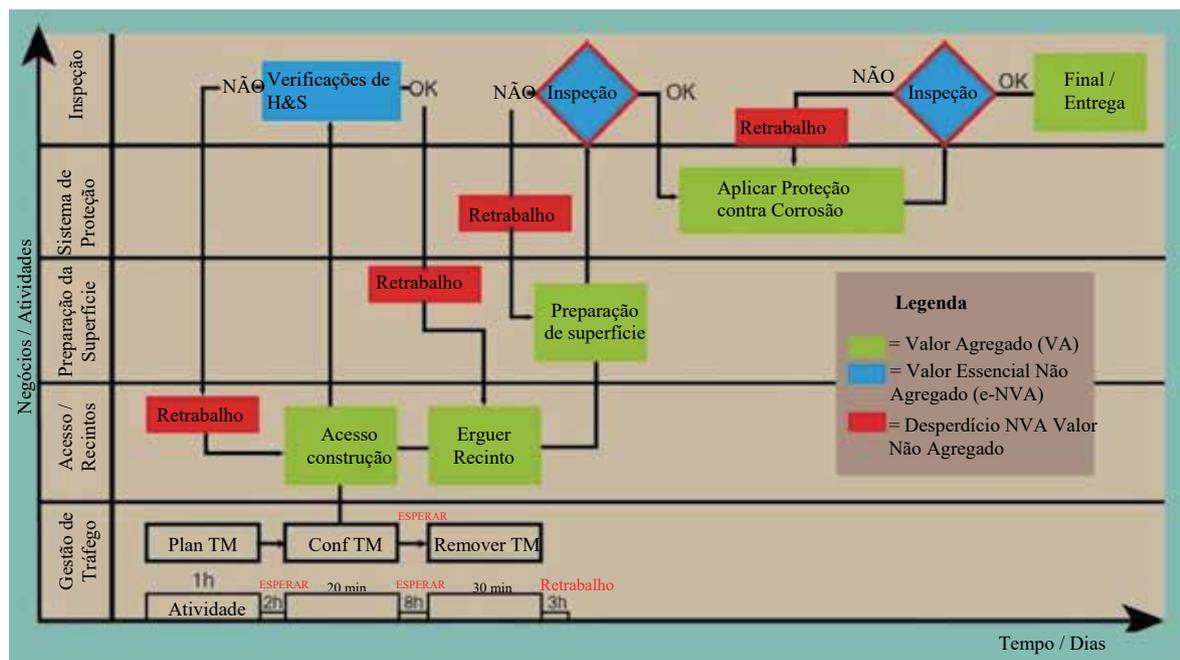


Fig. 4A - Exemplo esquemático do mapeamento de fluxo de valor para proteção contra corrosão

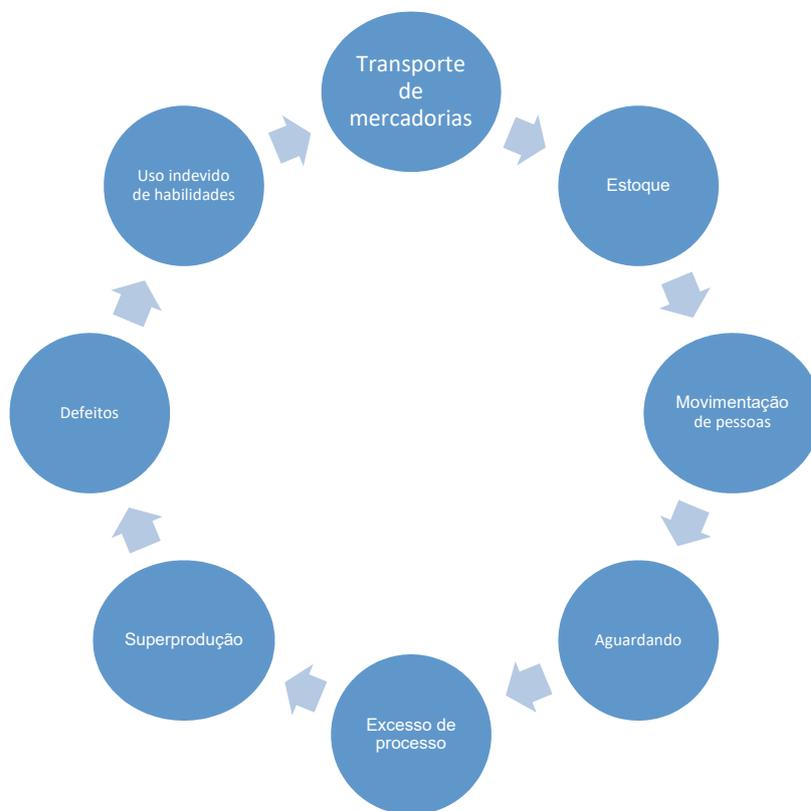


Fig. 5A - Os 8 Desperdícios do Lean

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   |   |  |   |
| <i>Movimentos desnecessários, equipamentos, peças, ferramentas e materiais de um local para outro.</i>                          | <i>Fazendo mais do que o cliente demanda, construindo ações desnecessárias.</i>   | <i>Movimento desnecessário; pessoas caminhando para pegar coisas que devem estar localizadas mais perto do ponto de uso.</i>                         | <i>Atrasos entre operações por falta de peças. Parou o trabalho: esperando por peças, máquinas ou pessoas.</i>  |
|   |   |  |   |
| <i>Fazendo muito ou demais. Concluindo uma tarefa antes que seja necessário. Fabricar produtos que o cliente não solicitou.</i> | <i>Operações duplicadas ou Redundantes. Realizando Passos desnecessários que não são solicitados. Muitas vezes porque "nós sempre fazemos assim".</i> | <i>Não produzir uma peça de qualidade pela primeira vez gerando retrabalho ou sucata. Não entregar o produto ou serviço "certo da primeira vez".</i> | <i>Não usar habilidades e capacidades da força de trabalho Não ouvir as pessoas, usando seu conhecimento ou aprendendo com os erros/problemas do passado.</i> |

Fig. 5B - Ilustração de desperdícios do Lean

O uso de pessoal não treinado para realizar atividades especializadas gera defeitos a curto, médio e longo prazo e tem impacto direto na proteção e desempenho dos ativos. Os especialistas em corrosão estão cientes de que a aplicação de proteção especializada contra corrosão, assim como o monitoramento de corrosão, depende muito de como eles são executados. Muitas vezes, a execução da proteção é tão importante quanto os materiais usados. Portanto, o treinamento de pessoal é vital para o desempenho da proteção contra corrosão.

### Métodos e Sistemas Lean

Ao nível operacional, os princípios do *Lean* são realizados através da implementação de algumas metodologias, ferramentas e técnicas *Lean*. As ferramentas e técnicas selecionadas descritas nesta seção foram escolhidas por seu uso parecer se adequar às atividades de proteção e monitoramento da corrosão, e onde os benefícios correspondentes podem ser facilmente identificados.

### O Sistema de Planejamento Final ou Planejamento em Equipe (Pool)

Ao contrário de ambientes de trabalho altamente estruturados e controlados, como fábricas e ambientes logísticos e de vendas

(lojas, supermercados), a proteção contra corrosão de grandes estruturas/ativos geralmente ocorre em ambientes dinâmicos e complexos, tais como: canteiros de obras, rodovias ou plataformas de petróleo, onde as tarefas de diferentes naturezas são interconectadas e dependentes de muitos fatores incontrolláveis. Nesses ambientes de trabalho complexos, juntamente com coordenação sistemática e planejamento e replanejamento constantes, a eliminação proativa e coletiva de restrições de tarefas tem precedência. Para esses propósitos, o Sistema de Planejamento Final (ou Planejamento Colaborativo, como é chamado no Reino Unido) tem sido usado com sucesso em sistemas de produção baseados em projetos com duração de mais de 25 anos para fornecer um mecanismo de planejamento e controle de produção baseado em “pull”, que é efetuado pelos próprios “fazedores” das tarefas. (Ou seja, os planos não são executados por “planejadores, agendadores ou gerentes seniores” que estão separados da produção real.) O Sistema de Planejamento Final, conforme mostrado na **figura 6** vai além do Método de Caminho Crítico [Critical Path Method] (CPM), não apenas controlando efetivamente as tarefas, mas também controlando fluxos complexos de processos e suas interações comerciais [1].



Fig. 6 – Fases do Sistema de Planejamento Final

O Sistema de Planejamento Final é essencialmente um processo ou método de planejamento colaborativo que envolve as partes interessadas, como os chefes de equipe de projetistas e planejadores (os últimos planejadores), no planejamento detalhado do trabalho a ser realizado ao longo do projeto. As discussões tornam-se cada vez mais detalhadas conforme o progresso do trabalho. Essa técnica foi criada para permitir uma produção mais confiável e previsível nos projetos. Também apoia o fluxo de trabalho através do projeto, criando confiança e colaboração dentro de uma equipe de projeto e como resultado entrega projetos mais seguros e com mais rapidez. Reúnem-se aqueles que irão executar o trabalho (a equipe) para que vejam todo o projeto e para planejar quando e como o trabalho de cada equipe será feito através de uma série de discussões. Isto requer que o grupo seja franco, concorde em eliminar restrições, trabalhe colaborativamente como uma equipe e prometa tempo de entrega de cada uma das tarefas para a equipe. Uma destas sessões está ilustrada na **figura 7**.

Esses processos sistemáticos aumentam as chances de que o trabalho flua de forma confiável e reconhecem que as relações pessoais e a pressão dos colegas são fundamentais para esse processo. As etapas básicas de planejamento do Planejamento Final incluem:

- a) Programação principal; planejamento de front-end para definir os marcos do projeto que incorpora a lógica do CPM para determinar a duração total do projeto.
- b) Programação de fase; um cronograma detalhado dividindo o projeto em fases discretas. Especifica os handoffs por meio de agendamento reverso do projeto para entender como atender aos marcos identificados no planejamento principal em conjunto com todas as equipes e negócios.
- c) Planejamento antecipado; a fase de planejamento pull que abrange períodos de duas a seis semanas. Usado para dividir as atividades em processos/operações detalhadas, para identificar regularmente

as restrições, atribuir responsabilidades e preparar as tarefas.

- d) Planos de trabalho ou compromissos semanais; o plano mais detalhado no sistema, mostrando a interdependência entre o trabalho de várias organizações especializadas. Direciona diretamente o processo de produção. No final de cada período do plano, as atribuições são revisadas para medir a confiabilidade do planejamento e do sistema de produção. A análise de razões para falhas no plano e a atuação nessas razões é usada como base para o aprendizado e melhoria contínua.

O Sistema de Planejamento Final é altamente aplicável no planejamento e controle de proteção contra corrosão. Em projetos complexos existem várias atividades especializadas diferentes trabalhando simultaneamente em paralelo com a proteção contra corrosão, e às vezes todas estas atividades trabalham dentro de um espaço confinado e há um tempo limitado para completar os trabalhos. O Sistema de Planejamento Final criaria um mecanismo efetivo para permitir melhor comunicação e entrosamento e, com isso, garantir que todos entendam o impacto de cada uma de suas atividades nos outros. Por exemplo, se o andaime não estiver no lugar no devido tempo; se o jateamento estiver atrasado; se a tinta ou o equipamento de pintura estiverem no lugar inadequado etc.; isto afetará o tempo de entrega e o fluxo do processo.

À medida que o processo avança, uma reunião diária deve ser realizada para verificar detalhadamente o que deu certo, o que não correu bem e por quê. Isso é conhecido como a ferramenta dos 3C's (Problemas, Causa e Contramedida) e garante que a reunião do dia seja focada nesses pontos. Essa prática também garante que todas as preocupações apontadas sejam discutidas e tratadas pelos envolvidos no trabalho, pois as ações resultantes promoverão um fluxo de trabalho aprimorado para o próximo dia ou turno.

## Gestão Visual e os 5S's

Os locais de trabalho *Lean* dependem amplamente da comunicação visual para:



Fig. 7 - Implementando o planejamento final ou colaborativo no local de trabalho

(i) evidenciar desvios e não-conformidades, (ii) aumentar a coordenação, (iii) reduzir as complexidades no ambiente de trabalho, (iv) ajudar as equipes a entender o propósito da comunicação facilmente, (v) facilitar a transparência do processo para reduzir o número de perguntas/dúvidas que as pessoas possam apresentar relacionadas ao trabalho, (vi) orientar as pessoas a trabalhar de maneira eficiente (autocontrole), e (vii) reduzir os erros. Essa visualização consciente da informação ou estratégia de facilitação do trabalho é chamada de Gerenciamento Visual. Por exemplo, as reuniões diárias da equipe são realizadas em torno dos quadros de desempenho para analisar o desempenho passado e as restrições futuras, que exibem os Principais Indicadores de Desempenho (KPIs). O ritmo dos processos e dos consumo de materiais, de acordo com os planos de produção, pode ser regulado de uma maneira “puxada” usando cartões simples chamados kanban. (Kanban é japonês para “sinal visual” ou “cartão”). Os funcionários de linha de montagem da Toyota usavam um kanban, ou seja, um cartão real, para sinalizar seguimento ou paradas nas etapas em seu processo de fabricação.)

A seguir uma breve explicação dos elementos da estrutura: Ordem visual (**fig. 8**): os 5S que significam **S**ort (Escolha), **S**et in order (Arrumação), **S**hine (Limpeza) **S**tandardise (padronização) e **S**ustain (Manter a ordem): Criar um local de trabalho visual deve começar com a adoção da metodologia 5S sistemática para criar locais de trabalho mais organizados, arrumados e limpos com o intuito de aumentar a produtividade, reduzir riscos, controlar melhor materiais e equipamentos e proporcionar um melhor ambiente de trabalho. Os 5S é um acrônimo para as 5 etapas distintas envolvidas.

- (i) sort (*separar*) para organizar o local de trabalho de forma eficiente e eliminar itens desnecessários,
- (ii) set in order (*arrumação*) para padronizar a localização, quantidade, responsabilidades, etc. dos demais itens necessários,
- (iii) shine (*limpeza*) para implementar um mecanismo sistemático de limpeza e inspeção,
- (iv) standardise (*padronizar*) para padronizar os métodos, procedimentos e responsabilidades para os primeiros 3S, e

(v) *sustain (manter a ordem)* para a implementação de algumas atividades de apoio, como treinamento, formação de equipes, incentivos etc. para sustentar os 5S.

Para realizar o Gerenciamento Visual, uma estrutura de trabalho visual sistemática deve ser seguida (fig. 9).

- Normas visuais: Normas de trabalho em termos de procedimentos de processo (ou seja, a maneira mais eficiente e segura de concluir um processo de alta qualidade com durações necessárias) e resultados de processo (isto é, recursos de resultados de alta qualidade) são demonstrados visualmente para equipes de trabalho nos seus pontos de utilização, perto de onde o processo real vai acontecer. As normas são efetivamente construídas no local de trabalho.
- Medidas visuais: Os KPIs de nível geral e de equipe são revistos regularmente e compartilhados com as equipes de trabalho.
- Controles visuais: Controles visuais são pistas visuais ou pequenos artefatos usados para limitar e guiar ações humanas. Por exemplo, no sistema de produção em

pull, os sinais de produção das estações de trabalho sucessivas são dados às estações de trabalho anteriores através da troca de cartões simples chamados *kanban*. Sem um cartão *kanban*, a estação de trabalho anterior não inicia nenhuma produção. Ao emitir um determinado número de cartões para as estações de trabalho, o ritmo de produção e as taxas de consumo de material são controlados.

- Garantias visuais: Os seres humanos são propensos a cometer erros. O importante é evitar que erros se tornem defeitos. Garantias visuais são dispositivos (jigs), elementos de design de processos ou recursos de produtos projetados para combater falhas humanas, alertando as pessoas sobre erros, tornando mais difíceis os erros ou controlando os efeitos de seus erros.

## Ferramentas de Melhoria Contínua

O processo de melhoria contínua (ou seja, métodos, ferramentas/equipamentos e sistemas de informação) e os elementos do local de



Fig. 8 - Ordem visual (5S)

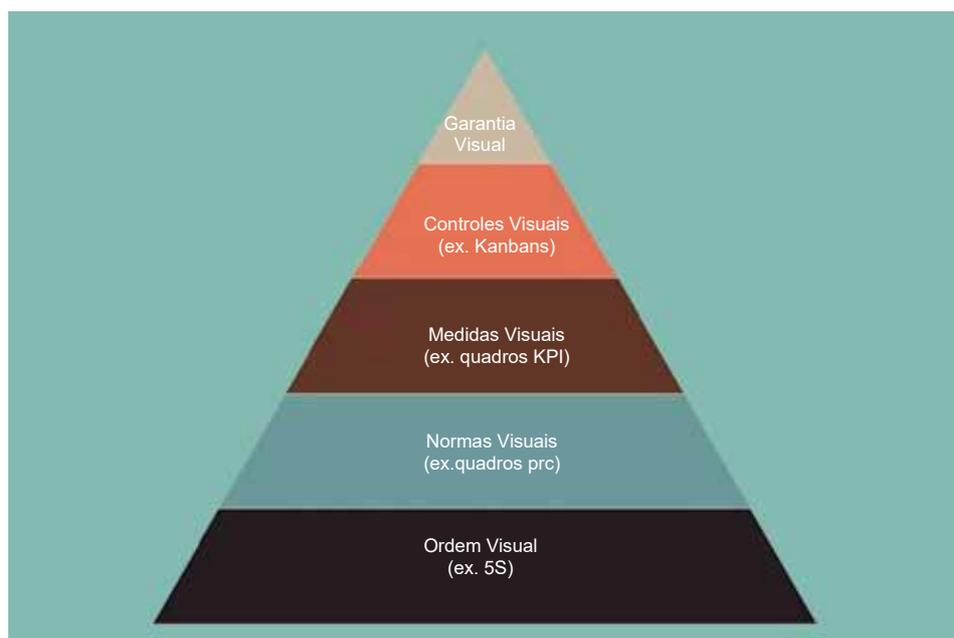


Fig. 9 - Estrutura visual do local de trabalho (adotado por Tezel e Aziz, 2015, [2])

trabalho são parte integrante do sistema *Lean*. Existem algumas estratégias, ferramentas e técnicas de melhoria contínua frequentemente empregadas.

## Proteção contra Corrosão e *Lean*

A tabela abaixo resume as ferramentas e técnicas *Lean* que podem ser implantadas nos processos de proteção/monitoramento de corrosão

e identifica seus benefícios potenciais. Deve-se notar que esta tabela destaca apenas algumas conexões inicialmente concebidas que podem ser, e serão, expandidas à medida que a implementação progride e amadurece.

## Conclusão e Recomendações

A deterioração do material como resultado da corrosão é geralmente aceita como inevitável

| Proteção contra corrosão  | Ferramentas/técnicas <i>LEAN</i>          | Objetivo  | Benefício/s   |
|---------------------------|---|---|---|
| Pintura anticorrosiva     | O Sistema de Último Planejador            | Garante que todas as partes interessadas/negócios estejam cientes das várias atividades e seu impacto no processo geral e ajuda a compreender as expectativas do cliente em todas as etapas do processo   | Verifica as oportunidades de mudanças nas atividades de trabalho para minimizar esforço, tempo (por exemplo, isso pode ser tão simples quanto deixar as escadas de acesso no local para a próxima atividade de trabalho)  |
| Pintura                   | Análise crítica de qualidade (CTQ)        | Assegura que as partes interessadas compreendem o que e como seu trabalho precisa ser realizado para a satisfação de seus clientes. Isso irá reduzir o desperdício de tempo como resultado do retrabalho antes que a atividade de acompanhamento possa ser executada. | Reduzir restrições/retrabalho   |
| Pintura                   | 5S  | Garante que os materiais e equipamentos sejam mantidos em ambientes controlados, prontos para serem entregues no início do trabalho e etiquetados e dentro das normas e com as datas de calibração atualizadas.   | Evita atrasos no processo, garante que os EPIs reduzam os problemas de segurança de trabalho. Garante que o material de pintura não esteja exposto a temperaturas extremas, o que resultará em deterioração do material. Evita desperdício de tempo tentando encontrar o equipamento/materiais certos para realizar o trabalho. |
| Pintura                   | Uso de Kanban                             | Assegura que haja um sinalizador usado no final de cada estágio para garantir que o próximo estágio seja iniciado somente quando o anterior estiver concluído, evitando assim tempo de espera e incertezas.   | Maximiza o desempenho, gerencia o fluxo de trabalho e garante que cada estágio seja finalizado e/ou inspecionado antes que o próximo inicie para evitar defeitos  |
| Pintura/Proteção Catódica | Verificação de habilidades dos operadores | Garante que a mão de obra tem conhecimento, treinamento e habilidades necessárias para executar as tarefas  | Maximiza o desempenho do revestimento/anticorrosivo, evitando assim que as falhas precoces aumentem os custos da vida útil dos ativos. Evita desperdício gerado pelo uso indevido de habilidades. Evita acidentes de trabalho   |
| Proteção catódica         | O Sistema de Planejamento Final           | Garante que todas as partes interessadas/subcontratadas estejam cientes do acesso necessário, ferramentas, materiais e habilidades necessárias para permitir a implementação da proteção catódica   | Evita desperdício de tempo, atraso dos trabalhos, redução do desempenho do sistema  |

Tabela 1. Ligação conceitual entre os métodos de proteção contra corrosão e algumas ferramentas/técnicas *Lean*

e levou à falta de conhecimento dos aspectos econômicos da corrosão. O custo estimado da corrosão de acordo com os resultados do comitê Hoar é de cerca de 3,5% do PIB do Reino Unido (Relatório Hoar - 1971, [3]). Para os principais proprietários de ativos, a manutenção da tecnologia anticorrosiva é parte integrante do projeto e gerenciamento de ativos para garantir a integridade dos ativos dentro de sua vida útil.

A intervenção de manutenção para proteção contra corrosão é dispendiosa e o número de intervenções varia de acordo com a vida de projeto do ativo, a qualidade do material de proteção, a mão de obra e o ambiente de serviço. É altamente provável que a implantação do *Lean* melhore a eficiência e a eficácia da proteção/monitoramento da corrosão. Isso pode ser conseguido usando as técnicas *Lean* descritas nas seções anteriores.

Exemplos:

- Encontrar oportunidades de melhoria mapeando o processo 'como está' - a identificação e remoção de desperdícios.
- Ao melhorar/promover o envolvimento do pessoal entre as várias atividades envolvidos no trabalho e em torno da mesa são identificadas as oportunidades para melhorar as práticas de trabalho, inclusive nas de proteção contra corrosão/monitoramento.
- Prevenção de defeitos, treinando continuamente pessoal especializado que especifique e aplique a proteção contra corrosão, o monitoramento da corrosão, bem como daqueles que realizam o trabalho de inspeção.
- Empregando o Último Planejador para melhorar a coordenação de tarefas.

- Usando técnicas de VM para aumentar a transparência e o controle em processos de proteção contra corrosão e monitoramento de corrosão.

A implantação das ferramentas e técnicas *Lean* resultará na redução do tempo, custo e riscos de segurança de trabalho associados à proteção e monitoramento da corrosão. A aplicação dos princípios *Lean* à proteção e monitoramento da corrosão também deve melhorar a qualidade e reduzir o custo de vida total dos principais ativos, o que será um benefício direto para os proprietários e clientes de ativos.

Aumentar a conscientização sobre o *Lean* entre os profissionais de proteção contra corrosão e documentar alguns casos de implementação parece de importância crítica para o *Lean* se difundir no setor de proteção contra corrosão.

## Referências

- Hamzeh, F., & Bergstrom, E. (2010, April). The lean transformation: A framework for successful implementation of the last planner system in construction. In International Proceedings of the 46th Annual Conference. Associated Schools of Construction
- Tezel, A., & Aziz, Z. (2015). Visual controls at the workplace of road construction and maintenance: Preliminary report, University of Salford, UK.
- T.P. Hoar Report of the committee on Corrosion and Protection - Department of Trade and Industry - HMSO. London UK - 1971

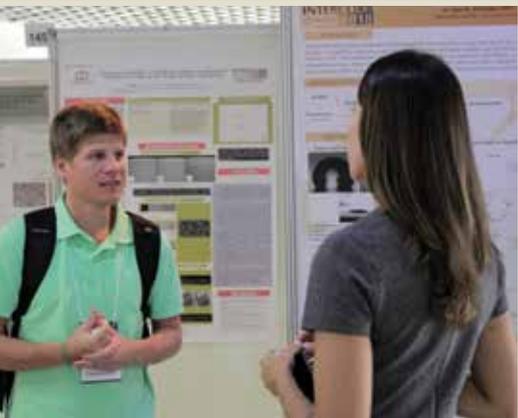
## Reconhecimento

Os autores e a Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO) gostariam de agradecer ao Instituto de Corrosão do Reino Unido (ICorr UK) por permitir a reprodução deste artigo que foi publicado no Periódico do Icorr (Corrosion Management) emitida em julho/agosto de 2017. Este artigo também foi publicado nos EUA no Journal of Protective Coatings & Linings, setembro de 2017. ▀



# INTERCORR 2018

**ABRACO**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO



# Maior evento de corrosão do país é promovido pela ABRACO

O INTERCORR reuniu sociedade científica, empresas e pessoas que buscam potencializar seus conhecimentos na área

No mês de maio, mais um INTERCORR foi realizado pela Associação Brasileira de Corrosão (ABRACO). O congresso aconteceu no Centro de Difusão Internacional - USP (Universidade de São Paulo) e contou com a participação de mais de 400 congressistas. Estima-se também que 600 pessoas visitaram a exposição. Sua primeira edição ocorreu em conjunto com o Latincorr, no ano de 2006, em Fortaleza. Desde então, o evento é realizado a cada dois anos.

Durante o encontro, foram abordados temas como Aspectos Metalúrgicos e Mecânicos, Biorrosão, Construção Civil, Corrosão Atmosférica, Corrosão na Indústria de Óleo e Gás, Eletroquímica, Ensino da Corrosão, Materiais Resistentes à Corrosão, Monitoração da Corrosão Interna, Produtos Químicos - Inibidores, Proteção Catódica, Revestimentos de Dutos e Equipamentos, Revestimentos Metálicos e Inorgânicos e Revestimentos Orgânicos.

De acordo com a coordenadora do Comitê Técnico Científico do INTERCORR 2018, Simone Brasil, o evento é uma excelente oportunidade de interação entre especialistas que trabalham em diferentes áreas e setores. "O Intercorr trouxe para os

profissionais que atuam no estudo da corrosão e seu controle a oportunidade de compartilharem conhecimento com pesquisadores do exterior, em especial os convidados como conferencistas. O local onde foi realizado permitiu uma boa comunicação entre os participantes", destacou.

Segundo Simone, nem todos os congressistas tem a oportunidade de participar de grandes eventos internacionais da área de corrosão, como o Corrosion (NACE), o EUROCORR (*European Federation of Corrosion*) ou ICC (*International Corrosion Council*). Por isso, trazer palestrantes do exterior agrega conhecimentos sobre temas nem sempre abordados como, por exemplo, a discussão sobre corrosão na produção de energia, assunto de uma das conferências desse ano. "Em 2020 acontecerá o ICC no Brasil, em conjunto com o Intercorr. Estarão presentes palestrantes e congressistas de dezenas de países e, por isso, o evento terá



Simone Brasil,

o inglês como idioma oficial, o que será inédito nos congressos de corrosão promovidos pela ABRACO”, contou. “O ICC 2020 será uma excelente oportunidade para a interação com empresas, centros de pesquisa e universidades do exterior que estarão representados na ocasião”, acrescentou a coordenadora.

Um marco deste evento são os concursos realizados em diversas categorias. O Prêmio Prof. Vicente Gentil, por exemplo, é outorgado ao melhor trabalho técnico oral apresentado no Intercorr 2018, que teve como ganhador o tema “Estudo da influência dos tratamentos termomecânicos t8 e t851 na microestrutura e no comportamento de corrosão da liga aa2198”. O apresentador do projeto foi João Victor de Sousa Araújo e seus coautores são Mariana Milagre Xavier, Caruline

Souza Carvalho Machado, Fernanda Martins Queiroz e Isolda Costa.

Já o Prêmio de Excelência foi concedido ao melhor trabalho técnico em formato pôster, com o tema “Estudo da temperatura de tratamento térmico de revestimentos de conversão mistos produzidos por *dip coating* em sol-gel”. Quem conduziu a apresentação foi Antonio Vitor de Castro Braga, tendo como coautoras Dalva C. B. do Lagob e Lilian F. de Senna.

O concurso de fotografia, tradicional no INTERCORR, teve como vencedora Tatiana das Chagas Almeida. “Desconheço outro congresso que promova esse tipo de concurso, que estimula os participantes a observarem e avaliarem processos de corrosão quanto à morfologia”, concluiu Simone. ▲



## Proteção Catódica

Serviços & Materiais

- Monitoração Remota de Retificadores;
- Instalação de anodos;
- Estudo de Casos de Corrosão;
- Retificadores;
- Entre outros.

(21) 2159-9294 | [www.iecengenharia.com.br](http://www.iecengenharia.com.br)

# INTERCORR proporciona reflexões importantes para área de dutos no Brasil

Durante o evento, palestrantes e congressistas puderam trocar experiências sobre o assunto

Um tema de grande importância para a corrosão, e que foi bastante debatido no INTERCORR 2018, abrange os dutos, que são estruturas tubulares utilizadas para transporte de substâncias, especialmente líquidas ou gasosas. O congresso contou com várias seções relacionadas ao assunto, principalmente nas áreas de proteção catódica, revestimentos e corrosão interna de dutos, com a publicação de vários trabalhos.

De acordo com o diretor da ABRACO, Mauro Barreto, o evento é uma oportunidade para os profissionais trocarem experiências. “As tecnologias de combate à corrosão demandam muito trabalho e recursos, empregando muitos trabalhadores no Brasil. A tecnologia avança constantemente e há muita pesquisa e desenvolvimento em andamento. Então, essa é uma área de grande interesse dos profissionais de corrosão e possui espaço importante no INTERCORR”, salientou.

Os dutos são utilizados para conduzir petróleo e seus derivados, gás natural, polpas de minérios, produtos químicos e água, que são os mais comuns, mas há muitas aplicações inusitadas como vinho e cerveja. Em geral, estas estruturas são fabricadas de ligas metálicas, principalmente aços, mas podem também ser fabricados em material cerâmico, plásticos ou compósitos. Quando são terrestres,

são em geral enterrados em áreas dedicadas chamadas de faixas, mas podem também ser submersos. Em muitas situações, percorrem faixas de centenas de quilômetros. Além disso, podem sofrer corrosão externa pelo solo, pela água e interna devido ao tipo de produto transportado.

Mauro explicou que esse tema foi bastante destacado no evento porque um dos grandes problemas para a garantia da integridade dos dutos é a corrosão. “Para a proteção do lado externo, as tecnologias de revestimentos e proteção catódica combinadas são utilizadas. Para o lado interno, os fluidos transportados são controlados para redução da corrosividade e podem ser utilizados produtos químicos denominados inibidores. Para controle dessas medidas, são utilizadas técnicas de monitoramento de corrosão interna com sensores e instrumentação”, esclareceu.

Os dutos são meios de transportes seguros e econômicos para petróleo e derivados, gás natural e polpas de minérios. Segundo o diretor, sua utilização retira milhares de caminhões e vagões das rodovias e ferrovias, o que é muito

bom para a sociedade com relação ao meio ambiente e segurança. “Para a distribuição de gás e água para indústrias, comércio e população, a utilização de dutos é fundamental”, disse Mauro, ainda ressaltando que seu aspecto negativo é a possibilidade de ocorrência de vazamentos. “Mas isso é controlado pelos operadores de maneira que esse risco seja menor que em outros modais”, concluiu. ▀



Mauro Barreto

# Pesquisadores do exterior ministram conferências plenárias no INTERCORR

O evento contou com palestras, minicursos, concursos e apresentações de artigos no formato oral e pôster

**E**ste ano, o INTERCORR reuniu 154 trabalhos, sendo 55 no formato de pôster e 99 apresentados de forma oral. De acordo com aspectos técnicos do Intercorr, foram realizados quatro minicursos com os temas: Técnicas de caracterização de produtos de corrosão, Ensaio em tintas anticorrosivas, Proteção catódica - solucionando problemas em campo e Monitoramento e controle da biocorrosão.

Segundo um dos responsáveis pelo INTERCORR, Neusvaldo Lira de Almeida, a apresentação de artigos em formato de painéis é uma experiência que tem acontecido em outras edições e tem dado muito certo. “Reúnem-se vários técnicos com vasta competência em suas áreas para discutir um determinado tema, e isso contribui bastante para solucionar problemas que aparecem na indústria”, explicou.

Nos congressos promovidos pela ABRACO, todos os assuntos ligados à corrosão e proteção têm sido debatidos. Inclusive, alguns deles sempre têm uma participação maior dos congressistas, como são os casos de Corrosão na Indústria de Óleo e Gás, Revestimentos Orgânicos, Revestimentos Metálicos, Proteção Catódica, Materiais Resistentes à Corrosão e Monitoramento da Corrosão Interna.

Já os assuntos abordados pelos palestrantes, durante as conferências plenárias foram

“Ciência e engenharia da corrosão e proteção na atmosfera nos tempos da indústria 4.0”, “Energias renováveis: Corrosão e proteção de materiais”, “*Applying lean manufacturing to corrosion protection processes in construction*” e “Aplicação de nanotecnologia em sistemas de proteção anticorrosiva”. Destaca-se que três delas foram ministradas por pesquisadores internacionais.

“Temos procurado trazer temas de grande importância científica e tecnológica para serem apresentados no Intercorr. Em geral, nós sempre combinamos a participação de pesquisadores e especialistas de outros países com pesquisadores do Brasil e isso tem dado muito certo. Esse formato de apresentar e discutir o que está acontecendo em nível mundial engrandece o evento”, ressaltou Neusvaldo.

Para o responsável, o fato de haver temas muito atuais nessa edição despertou um grande interesse para os congressistas que têm a oportunidade de saber o que a comunidade do mundo inteiro está pensando sobre estes assuntos altamente impactantes. “Veja que indústria 4.0, energia renovável, manufatura enxuta nos processos de corrosão e nanotecnologia são assuntos da pauta do dia a dia da indústria e, também, das universidades”, salientou.

O encontro também contou com algumas palestras no formato técnico-comercial. Essa é uma oportunidade que somente os expositores e patrocinadores têm de apresentar seus produtos e a suas tecnologias para resolver problemas de corrosão. Este ano, o evento contou



Neusvaldo Lira de Almeida

com uma quantidade bem maior do que nas edições anteriores. “É importante sabermos das empresas que fizeram as palestras como eles avaliaram os resultados, até para que possamos melhorar para os próximos eventos”, acrescentou Neusvaldo.

O ICC (*International Corrosion Congress*), que acontece a cada três anos em países diferentes, será realizado no Brasil em 2020 e deverá contar com mais de 60 países. Para este evento, Neusvaldo tem expectativa de reunir 1500 pessoas. “É o congresso mundial de corrosão mais representativo e vai acontecer em São Paulo. Já começamos a trabalhar na organização”, concluiu. ▲



## Sua empresa já conhece os benefícios da Galvanização a fogo?

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



**Consulte-nos:**

**Jundiaí - SP:**

11 2152-7988

[vendas@bbosch.com.br](mailto:vendas@bbosch.com.br)

**Farroupilha - RS:**

54 3039-9500

[vendasrs@bbosch.com.br](mailto:vendasrs@bbosch.com.br)

**bbosch**

# Apoio de empresas foi fundamental na realização do INTERCORR 2018

Empresário destacou o congresso como uma possibilidade de exposição e interação com os participantes

O INTERCORR também se caracteriza pela participação de empresas que, além de divulgar suas marcas, também apresentam novas tecnologias e promove oportunidade de negócios, bem como ampliação de relacionamentos e conhecimento. O congresso contou com organizações patrocinadoras como a Petrobras (Governo Federal do Brasil), Zincoligas, Smartcoat, Tinôco Anticorrosão, Tintas Weg, além de importantes instituições apoiadoras, como a Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção (Abendi), Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), Instituto de Metais Não Ferrosos (ICZ), Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). O evento teve também, o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

Algumas instituições também participaram do evento na forma de expositores, entre elas estão a Metrohm Brasil, Tubolit, AMETEK, International Electrotechnical Commission (IEC), Elétron Química, Hita Comércio e Serviços e Tintas Sherwin Williams.

Para o diretor da Zincoligas, Danilo Sanches, participar e patrocinar um evento como o INTERCORR representou um marco



Danilo Sanches



importante dentro do segmento da Proteção Catódica pela forte exposição da marca e dos produtos aos visitantes, técnicos e congressistas presentes. “O intercâmbio de informações e contatos com os integrantes da comunidade científica presente no evento com certeza contribuirá para aprofundarmos a pesquisa em novos produtos e processos, bem como na divulgação ao mercado de nosso potencial técnico e comercial”, destacou.

Segundo Danilo, as empresas deveriam participar do congresso pela possibilidade de exposição ao mercado dos seus produtos, contribuições técnicas e interação com os técnicos envolvidos no desenvolvimento do mercado de modo geral. De acordo com o diretor, o INTERCORR pode trazer vários benefícios para os participantes como, por exemplo, o *networking*. “A troca de conhecimentos, possibilidades de melhoramentos e desenvolvimento de novos processos e produtos na área de proteção catódica, interação com os outros segmentos da área de controle e combate à corrosão”, enalteceu.

A importância das empresas na participação do evento é que elas podem transmitir conhecimentos aos convidados em vários assuntos. “Como expositores, percebemos o interesse nos produtos ali apresentados e na possibilidade de futuros contatos. Ainda não tivemos uma efetiva apuração do resultado de nossa participação no congresso, pois entendemos que é um processo de consolidação da marca a médio e longo prazo. Os contatos ali realizados e a exposição da instituição poderão proporcionar frutos na geração de novas contratações dentro do segmento”, observou Sanches.

Danilo relatou que a participação da Zincoligas foi através de exposição, patrocínio e apresentação científica de trabalhos. “O congresso possibilitou um maior contato com os representantes da comunidade científica e empresas da área, valorização da apresentação de trabalhos e possibilidades de novos desenvolvimentos e, quem sabe, o fechamento de negócios e apoio a novas chances de evolução no setor”, salientou o diretor. ▴

# Estudo da influência dos tratamentos termomecânicos T8 e T851 na microestrutura e na resistência à corrosão da liga AA2198

João Victor de Sousa Araujo<sup>a</sup>, Mariana Milagre Xavier<sup>b</sup>, Caruline Souza Carvalho Machado<sup>c</sup>,  
Fernanda Martins Queiroz<sup>d</sup>, Isolda Costa<sup>e</sup>

**Abstract:** Al-Cu-Li alloys present advantages in relation to conventional Al-Cu alloys in applications for aerospace industry due to their low density and good mechanical properties. The mechanical properties of these alloys depend on their microstructure and this is affected by the thermomechanical treatments to which the materials are submitted during their fabrication process. In the present study, the effects of T8 and T851 thermomechanical treatments on the corrosion resistance of the AA2198 alloy were compared. The main hardening precipitate in Al-Cu-Li alloys is the T1 phase, (Al<sub>2</sub>CuLi). The presence of this precipitate in the AA2198-T8 and T851 alloys was analyzed by transmission electron microscopy (TEM). The microstructure of both alloys was evaluated by Vickers micro hardness and differential scanning calorimetric (DSC) measurements and the results obtained were correlated. The results showed higher density of T1 phase for the T851 condition. Besides, microstructural characterization revealed elongated grains for the T8 condition and equiaxed grains for T851 condition. These results were related to the corrosion behavior of both alloys by immersion and gel visualization tests.

**Keywords:** localized corrosion, aluminum alloy, TEM, SEM.

**Resumo:** Ligas de Al-Cu-Li têm mostrado grandes vantagens em relação às convencionais ligas de Al-Cu usadas na indústria aeroespacial, devido as boas propriedades mecânicas e baixa densidade. As propriedades mecânicas destas ligas dependem de sua microestrutura e esta por sua vez dos tratamentos termomecânicos na qual as ligas são submetidas durante o processo de fabricação. Neste estudo os efeitos de dois tratamentos termomecânicos, T8 e T851, na resistência a corrosão da liga AA2198 foram comparados. O principal precipitado endurecedor destas ligas, a fase T1 (Al<sub>2</sub>CuLi), foi analisada por microscopia eletrônica de transmissão (TEM). Os resultados de microestrutura, microdureza e calorimetria diferencial de varredura (DSC) mostraram diferenças para as ligas com os dois tratamentos. A liga submetida ao tratamento T851 mostrou maior densidade de fase T1. Além disso, a caracterização microestrutural revelou grãos alongados para o tratamento T8 e grãos equiaxiais para tratamento T851. Estes resultados foram comparados com os do ensaio de imersão e de visualização em gel.

**Palavras-chave:** corrosão localizada, liga de alumínio, MET, MEV.

<sup>a</sup> Mestrando, Tecnólogo em Materiais - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares.

<sup>b</sup> Doutoranda, Engenheira Metalúrgica - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares.

<sup>c</sup> Doutoranda, Engenheira Metalúrgica - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares.

<sup>d</sup> Doutora, Engenheira Química - Escola Politécnica departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

<sup>e</sup> PhD, Engenheira Química - Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares.

## Introdução

As ligas alumínio-cobre-lítio (Al-Cu-Li) foram desenvolvidas com o objetivo de reduzir o peso das aeronaves visando economia de combustível e redução na emissão de gases poluentes (1). Três diferentes gerações de ligas Al-Cu-Li foram desenvolvidas nos últimos 50 anos (2). As ligas da terceira geração são caracterizadas pela redução na relação Cu/Li (<1,8 % em peso) e apresentam elevada resistência mecânica, alta resistência à fadiga e tenacidade quando comparadas com as ligas convencionais da série 2XXX como, por exemplo, a liga AA2024, muito utilizada na fuselagem dos aviões (3). Desde então, muitas ligas desta geração têm ganhado importante papel na indústria aeronáutica como, por exemplo, a liga AA2198, objeto deste trabalho, que apresenta resistência à fadiga superior às ligas convencionais das séries 2XXX e 7XXX (4).

As propriedades mecânicas das ligas de alumínio dependem da microestrutura do material e esta é influenciada diretamente pelo processamento durante a fabricação (4). Os processos de conformação denominados tratamentos termomecânicos são responsáveis por garantir a microestrutura desejável à aplicação do material (3-5). A microestrutura, por sua vez, é determinada pela morfologia dos grãos, distribuição das partículas constituintes, precipitados e dispersóides. O processamento termomecânico, ao influenciar a microestrutura do material, afeta o comportamento frente à corrosão das ligas de alumínio (5-8). De acordo com Huang *et.al* (6), Luo *et.al* (8) e Ma *et.al* (9), as ligas de Al-Cu-Li, apesar de suas excelentes propriedades mecânicas, são suscetíveis à corrosão. A baixa resistência à corrosão destas ligas é atribuída ao processamento termomecânico ao qual são submetidas, uma vez que este influencia a precipitação de fases. Entre os precipitados endurecedores, a fase T1 (AlCu<sub>2</sub>Li) é a principal e esta exhibe comportamento eletroquímico diferente da matriz (10), favorecendo a formação de micropilhas e, portanto, a corrosão. Sendo assim, investigar a influência dos tratamentos termomecânicos é de grande interesse para a

compreensão dos mecanismos de corrosão das ligas de alumínio, e de importância tecnológica para o controle da microestrutura. O objetivo deste estudo é, portanto, investigar o efeito de dois tratamentos termomecânicos, T8 e T851, sobre a resistência à corrosão da liga AA2198.

## Metodologia

### Materiais

Duas ligas de alumínio da série 2XXX, as ligas com designações AA2198-T8 e AA2198-T851, cuja composição química é dada na Tabela 1, foram estudadas.

| Elementos | Composição nominal | T8      | T851    |
|-----------|--------------------|---------|---------|
| Cu        | 2,9-3,5            | 3,73    | 3,80    |
| Mg        | 0,25-0,80          | 0,30    | 0,31    |
| Mn        | 0,1-0,5            | 0,003   | 0,003   |
| Li        | 0,81-1,1           | 1,13    | 1,07    |
| Si        | 0,08 máx           | 0,03    | 0,03    |
| Fe        | 0,10 máx           | 0,04    | 0,04    |
| Ti        | 0,10 máx           | 0,03    | 0,03    |
| Zr        | 0,04-0,18          | 0,12    | 0,13    |
| Ag        | 0,1-0,5            | 0,20    | 0,20    |
| Zn        | 0,35 máx           | 0,03    | 0,03    |
| Al        | Balanço            | Balanço | Balanço |

Tabela 1 - Composição química (% massa) da liga AA2198 obtida por espectrometria de emissão óptica com plasma de argônio (ICP-OES).

### Caracterização Microestrutural

Amostras das ligas AA2198-T8 e AA2198-T851 foram cortadas na seção longitudinal e transversal em relação à direção de deformação (laminação da chapa) para caracterização microestrutural, ensaios de imersão e de visualização em gel agar-agar. Após corte, as amostras foram embutidas em resina de cura a frio. Em seguida, as amostras foram lixadas com lixas de SiC (#1200 e #4000) e polidas com suspensão de diamante de 3 µm e 1 µm. Uma solução composta de 2% HF e 25% HNO<sub>3</sub> em água destilada foi utilizada para ataque metalográfico. A superfície atacada foi observada em microscópio ótico

(MO), Leica Modelo DMLM. Para caracterização dos precipitados endurecedores, de escala nanométrica, foi utilizado um microscópio eletrônico de transmissão (MET), modelo JEM-2100, operando a 200 kV. As amostras analisadas por microscopia eletrônica de transmissão foram preparadas por lixamento com papel de SiC grana #1200 até atingirem espessura média de 100  $\mu\text{m}$ . Em seguida, foram preparados discos de aproximadamente 2 mm de diâmetro por processo de eletroerosão. Subsequentemente, as amostras foram lixadas até os discos atingirem espessuras que permitissem o polimento eletrolítico.

### Microdureza Vickers

Medidas de microdureza foram realizadas em microdurômetro TUKON 1202 WILSOI HARDNESS TESTER, com pré-carga de 200g aplicada durante 10s. Foram realizadas 10 medidas para cada liga ensaiada, sendo estimado o valor médio e desvio padrão das medidas.

### Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

Curvas de DSC foram obtidas na faixa de temperatura entre 25 °C e 550 °C em atmosfera de nitrogênio utilizando taxa de aquecimento de 10 °C/min. Um equipamento DSC-50 SHIMADZU acoplado ao TA-60WS foi utilizado para estas medidas. As amostras foram cortadas com dimensões de 2 mm x 2 mm.

### Ensaio de imersão

Amostras das duas ligas foram imersas em solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> de NaCl por período de 24h. Após o ensaio, as superfícies expostas foram observadas e, em seguida, foi realizado um tratamento para remoção dos produtos de corrosão ("desmutting") por imersão em solução de 30% HNO<sub>3</sub> por 10s para posterior observação da superfície sem os produtos de corrosão depositados. No teste de visualização em gel agar-agar as amostras foram expostas a uma mistura com 0,6 mol L<sup>-1</sup> de NaCl, 3 g de agar-agar e 7 mL de indicador universal em 100 mL de H<sub>2</sub>O aquecida a 100 °C. A concentração de cloreto de sódio

usada neste ensaio difere da usada no ensaio de imersão, sendo usada com o objetivo de acelerar a cinética dos processos corrosivos possibilitando a identificação dos processos de corrosão em tempo curto.

## Resultados e discussão

### Caracterização microestrutural

A microestrutura das ligas AA2198-T8 e AA2198-T851 é apresentada na Figura 1.

A morfologia dos grãos mostrou diferença segundo o tratamento termomecânico adotado. Para o tratamento T8, os grãos estão alongados na direção da deformação, como indica a flecha vermelha na Figura 1 (a) e (c). Esta morfologia é consequência do trabalho a frio que ocasiona uma textura cristalográfica na direção preferencial da deformação (12). Na liga submetida ao tratamento T851, grãos equiaxiais sugerem que a liga foi recristalizada, Figura 1 (b) e (d). Além disso, ampliações das regiões circulares, Figura 1 (b) e (d), evidenciam a presença de bandas de deformação na liga submetida ao tratamento T851, como mostra a Figura 2.

A Figura 2 mostra grãos em que as bandas de deformação estão presentes, região A, e grãos isentos de bandas de deformação, regiões B e C. Isto acontece porque a deformação plástica não é uniforme em todo material, sendo altamente dependente da orientação dos grãos. O tratamento termomecânico T8 é acompanhado de deformação plástica, seguido por envelhecimento artificial (13). No trabalho a frio há aumento da densidade de defeitos cristalográficos no material gerando, assim, bandas de deformação dentro dos grãos (6,13). Por este motivo, estes grãos são mais reativos, e, portanto, mais susceptíveis à corrosão localizada. Huang *et. al.* (6) sugerem que os grãos que contêm bandas de deformação são mais ativos por conter alta população de defeitos cristalográficos (discordâncias). Isto ocorre porque estes defeitos, durante o envelhecimento artificial, são sítios preferenciais de nucleação e crescimento da fase T1 (Al<sub>2</sub>CuLi). Consequentemente, as bandas de deformação são preferencialmente

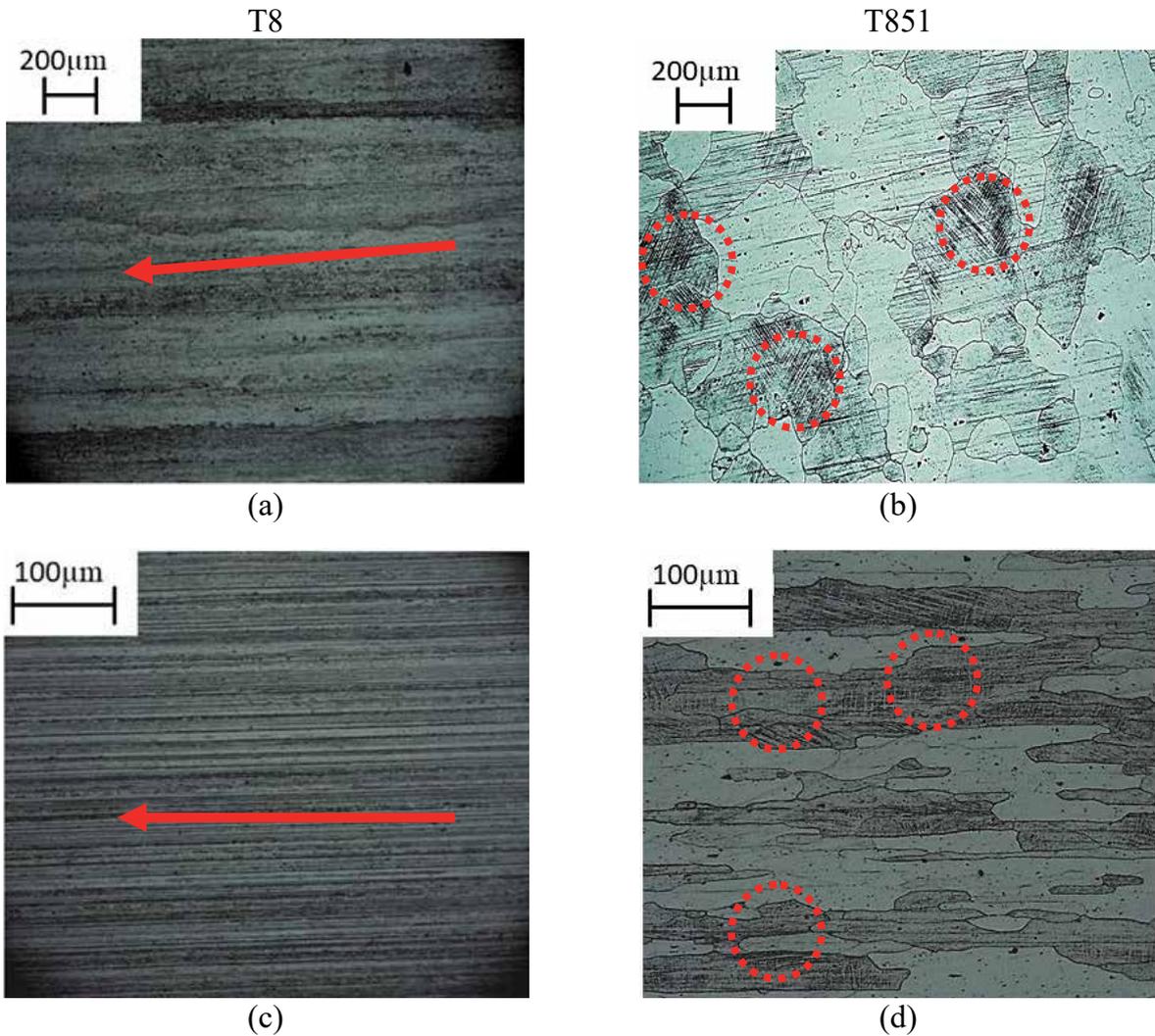


Figura 1- Micrografias das ligas AA2198-T8 e AA2198-T851. (a) e (b) Superfície de topo; (c) e (d) seção transversal.

reveladas pela dissolução preferencial desta fase durante o ataque metalográfico (6). Estes grãos, quando expostos a um meio corrosivo, são preferencialmente atacados devido à precipitação preferencial da fase T1 nestes locais, uma vez que esta fase é mais ativa eletroquimicamente do que a matriz de alumínio (11). Vale ressaltar que, mesmo a liga sendo submetida a tratamento de alívio de tensões por estiramento após tratamento termomecânico, ainda é possível verificar a presença de região de alta deformação na microestrutura. Isto ocorre porque o alívio de tensões visa eliminar apenas algumas tensões residuais do processo de conformação e, mesmo assim, este processo causa

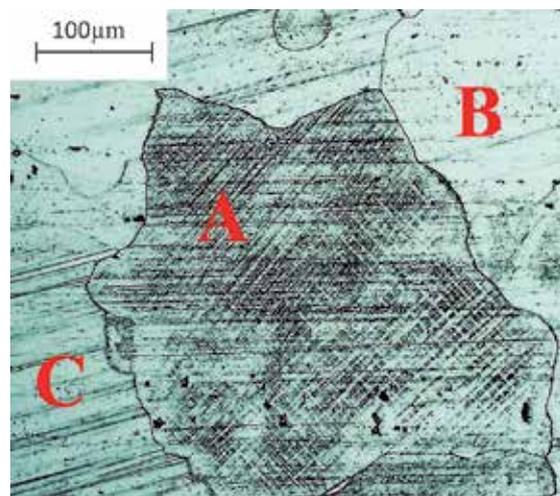


Figura 2- Micrografia da liga AA2198-T851.

deformação permanente na liga, entre 1,5% a 3%, aumentando a tenacidade do material (15). A presença de fase T1 em ambas as ligas pode ser observada na Figura 3.

A fase T1 ( $Al_2CuLi$ ) é conhecida como a principal fase endurecedora dessa classe de materiais. Caracteriza-se pela morfologia de plaquetas hexagonais finas e a nucleação desta ocorre preferencialmente nos defeitos cristalográficos, como discordâncias, contornos de grão e subgrãos (16,17). Devido à alta eletroatividade desta fase, a corrosão se inicia nas regiões onde estas se encontram em maior concentração, tais como contornos de grãos ou contornos de subgrãos (18). Além disso, como já mencionado, o ataque localizado também pode ocorrer no interior dos grãos com maior deformação, devido à deformação plástica não uniforme.

Apesar de ambas as ligas apresentarem precipitação de fase T1, como mostrado na Figura 3, a densidade de precipitados é influenciada pelos tratamentos termomecânicos (14-15). Contudo, as curvas de DSC, Figura 4, mostram que o envelhecimento artificial em ambas as ligas contribui para precipitação da fase T1 em ambos os tratamentos (T8 e T851).

A técnica DSC permite obter medidas das variações de calor exotérmico (precipitação) e

endotérmico (dissolução) de fases. Segundo a literatura (19), a precipitação da fase T1 ocorre na faixa de temperatura de 138 °C a 260 °C. Na Figura 4 são identificados dois picos para as duas ligas nesta faixa de temperatura, o pico A (T851), em 230°C, e o pico B (T851), em 225°C. Sabe-se que a técnica de calorimetria exploratória diferencial (DSC) identifica a variação de energia durante a precipitação de fases a partir dos elementos que estão em solução sólida, ou seja, as fases já precipitadas não interferem nos picos de precipitação (20). Deste modo, pode-se concluir que em ambos os tratamentos houve precipitação de fase T1 durante o processamento. Estes resultados estão de acordo com as imagens de microscopia eletrônica de transmissão, Figura 3, que evidencia a presença de fase T1 em ambas as ligas.

O tratamento T851 resultou em maior dureza ( $176\pm 1,60$ ) HV quando comparado ao tratamento T8 ( $156\pm 0,97$ ) HV com uma diferença de 20 HV, o que é atribuído à maior densidade de precipitados endurecedores (fase T1) na liga T851 durante o processamento.

### Ensaio de Imersão

A superfície da liga AA2198 nas duas condições de tratamento, T8 e T851, após 24h de imersão em solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> de NaCl, é mostrada

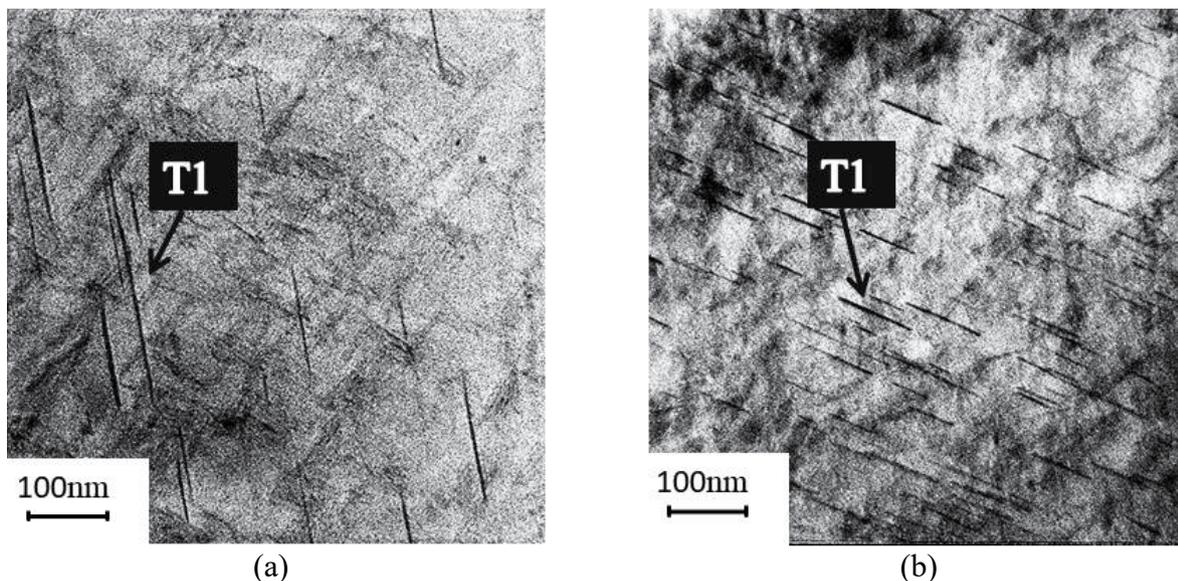


Figura 3- Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de transmissão evidenciando a fase T1 nas ligas (a) AA2198-T8 e (b) AA2198-T851.

na Figura 5. As áreas circundadas com círculos amarelos mostram intensa corrosão e representam locais que apresentam características típicas de um tipo de corrosão que tem sido associado às ligas Al-Cu-Li e que ficou

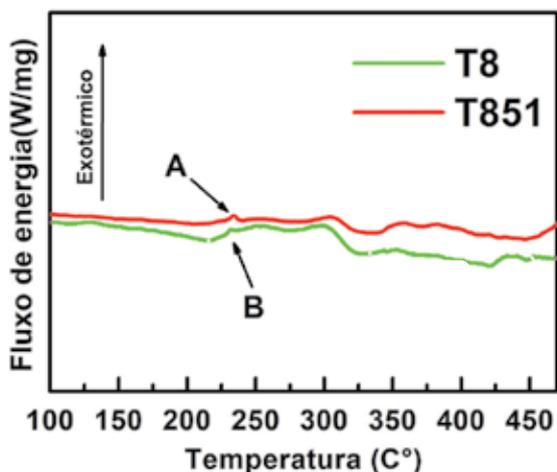


Figura 4- Curvas de DSC da liga AA2198 com os tratamentos termomecânicos T8 e T851.

conhecido como corrosão localizada severa (CLS). Ilustração com maior ampliação destes locais é mostrada nas Figuras 5 (c) e (d). A literatura (14-18) cita que as ligas Al-Cu-Li exibem dois tipos de ataque de corrosão, a saber, a corrosão causada pelos precipitados com tamanhos em escala micrométrica, conforme observado por Grilli *et.al.* na liga AA2219-T3 (21), e por Queiroz *et.al.* na liga AA2024-T3 (22).

A corrosão localizada causada pelos precipitados com tamanhos em escala micrométrica geralmente é distribuída de forma generalizada na superfície exposta ao meio corrosivo, como mostrado na Figura 6. Já a corrosão localizada causada pelos precipitados com tamanhos na escala nanométrica, no caso deste trabalho, principalmente a fase T1, está associada com ataques intensos, evolução de hidrogênio devido à diminuição do pH dentro dos pites e penetração no material, como é o caso da corrosão localizada severa (18) observada na liga deste estudo.

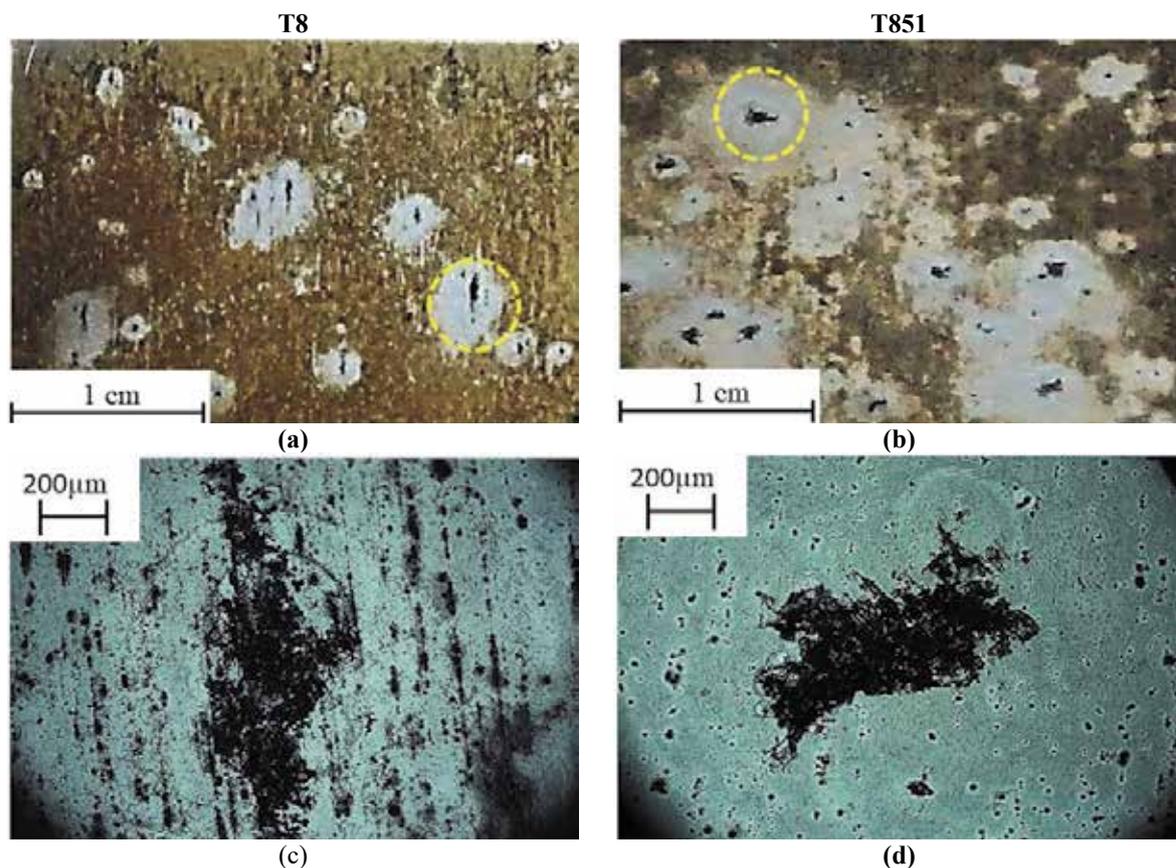


Figura 5- Superfície da liga AA2198-T8 e T851 após 24h em solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> NaCl; (a) e (b) macrografias da superfície; (c) e (d) micrografias obtidas por microscopia ótica.



Figura 6- Corrosão localizada na liga AA2198-T851 associada às presença de partículas contituíntes micrométricas na superfície da liga.

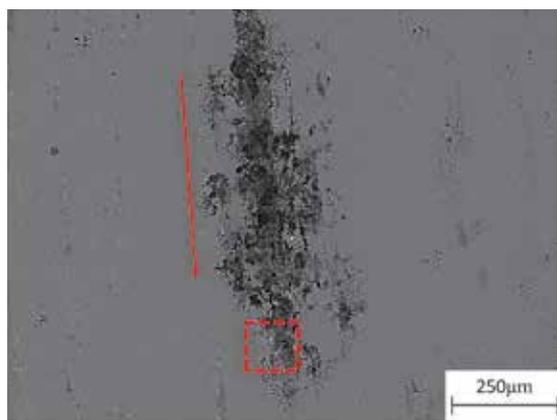
Trabalhos recentes (18,24-27) mostraram que a CLS está associada com a alta eletroatividade da fase T1 ( $Al_2CuLi$ ) concentrada em grãos com maior deformação devido às suas orientações cristalográficas. Este tipo de ataque pode ser visualizado em escala macrométrica, Figuras 5 (a) e (b). Observação em maior aumento permite observar diferenças na morfologia do ataque.

Para a liga AA2198-T8 a CLS segue uma propagação bem definida, como mostra a Figura 7. A seta vermelha indica a orientação do ataque localizado. É possível observar que este ataque segue a mesma orientação dos grãos. Como mencionado anteriormente, o ataque ocorre preferencialmente nos grãos mais ativos, ou seja, com maior densidade de fase T1. Além disso, em maiores magnificações, foi observado

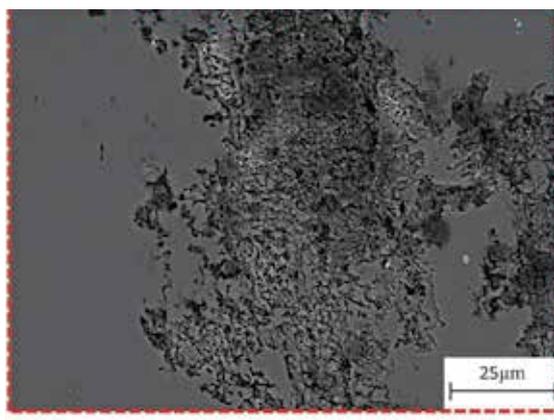
o mecanismo de propagação intergranular, Figura 7 (b). O mesmo comportamento foi observado por Huang *et.al.* (6) e Ma *et.al.* (18) ao estudarem o desenvolvimento da CLS na liga AA2099-T8.

A Figura 8 ilustra o mecanismo de formação da CLS proposto para a liga AA2198-T8.

Durante a deformação plástica (processamento industrial) os grãos são plasticamente deformados tornando-se alongados. Na Figura 8 é possível observar que o grão B sofreu maior deformação do que os grãos A e C. Consequentemente, o número de discordâncias e subgrãos aumentam nestes grãos. A densidade de discordâncias em cada grão é indicada pela coloração cinza, a maior densidade de discordâncias sendo representada pelo tom mais escuro (grão B). Segundo Li *et al.* (11), durante o envelhecimento artificial a nucleação e crescimento da fase T1 ocorre nos grãos, subgrãos e paredes de discordâncias, sendo que a cinética de nucleação desta fase é influenciada pela energia cristalográfica dos defeitos. O tom de cinza na Figura 8(c) reflete não só a densidade de discordâncias como a fração volumétrica da fase T1. Quando a superfície da liga é exposta a um ambiente corrosivo, a corrosão localizada se desenvolve preferencialmente no grão B, portanto se propaga ao longo dos subgrãos e paredes de discordâncias. Para a liga AA2198-T851, nas regiões de CLS foi observado ataque localizado preferencialmente na direção do estiramento, Figura 9.



(a)



(b)

Figura 7- Micrografias obtidas por MEV de regiões com corrosão localizada severa (CLS) na superfície da liga AA2198-T8 (a) área de CLS e (b) região em maior magnificação.

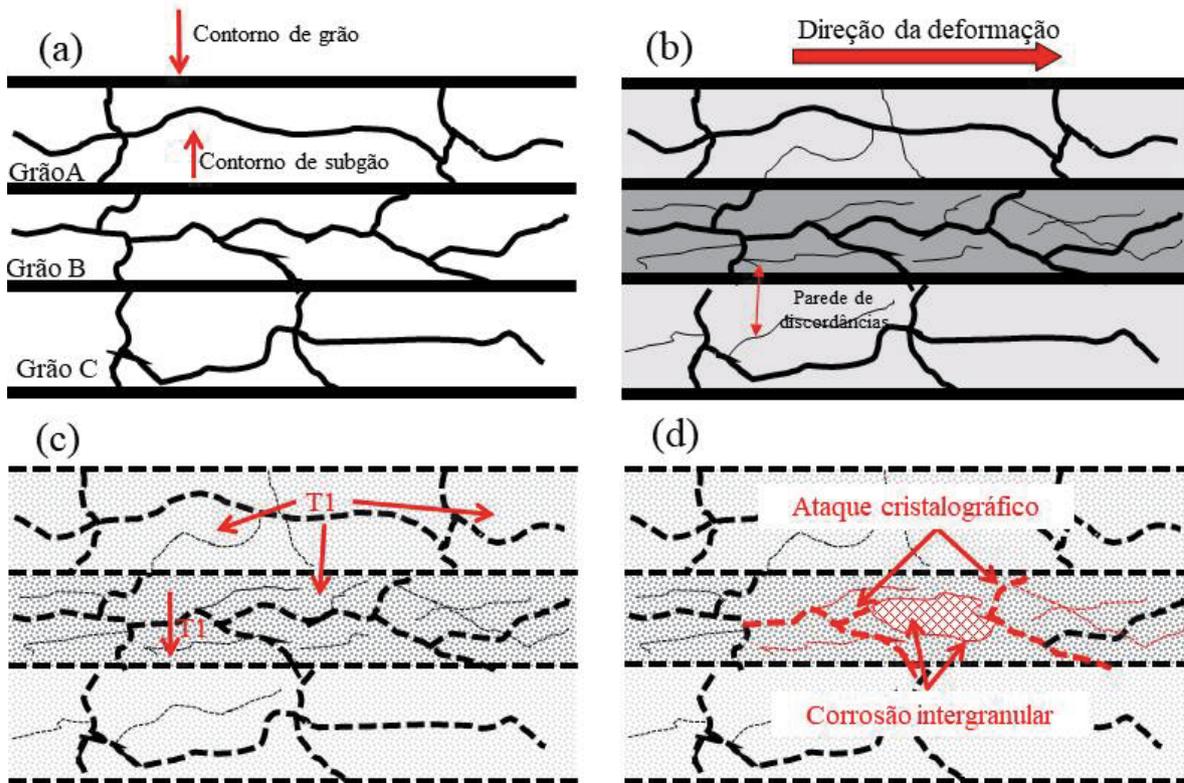


Figura 8- Diagrama esquemático que mostra a correlação entre tratamento termomecânico T8 na liga AA2198 e o desenvolvimento da corrosão localizada severa (CLS): (a) microestrutura típica de extrusão; (b) microestrutura típica de extrusão e de trabalho a frio (escala de cinza mostra maior densidade de discordâncias na matriz); (c) microestrutura típica de tratamento térmico que favorece a precipitação (escala de cinza indica densidade de discordâncias e fração de fase T1 em relação à matriz da liga); (d) desenvolvimento da CLS. Adaptado (14).

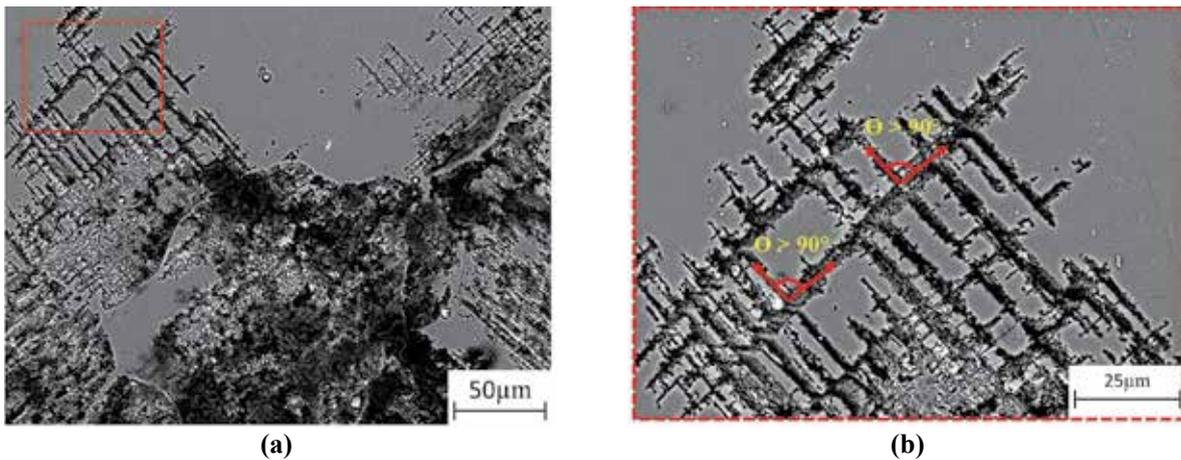


Figura 9- Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) de região com corrosão localizada severa (CLS) na liga AA2198-T851 (a) ataque localizado nas bandas de deformação e (b) mesma região em maior magnificação.

Trabalhos recentes (22,23) mostraram que a CLS na liga AA2198-T851 está associada a bandas de deformação introduzidas nos grãos durante o tratamento termomecânico. A relação entre a CLS e as bandas de deformação na liga com tratamento T8 é ilustrada na Figura 10.

Segundo Hansen *et.al.* (12) durante o trabalho a frio as tensões de cisalhamento resultantes no material se acumulam formando assim emaranhado de discordâncias dentro de alguns grãos. Estas são formadas em paralelo com os planos atômicos mais deformados; assim, à medida que a deformação ocorre, o número de discordâncias em paralelo é aumentado, Figura 10 (a). Por fim, uma banda de deformação é formada. A fase T1 precipita em linhas de discordâncias, o que ocasiona bandas com alta população de fase T1, Figura 10 (b). Como esta fase é eletroquimicamente mais ativa que a matriz de alumínio, quando exposta a meio corrosivo a corrosão localizada se propaga ao longo das bandas, resultando em bandas corroídas seletivamente, Figura 9.

Durante os ensaios de imersão foi observada formação de bolhas nas regiões da CLS em ambas as condições de tratamento, T8 e T851. A evolução de hidrogênio que ocorre desde o início do ataque (18,22,24-25) está associada às regiões anódicas durante o processo corrosivo. Ensaios de gelificação em agar-agar evidenciaram as regiões anódicas e catódicas, as quais aparecem bem definidas, conforme ilustrado na Figura 11.

A Figura 11 mostra que na região de CLS o pH atinge valores muito baixos. A acidificação ocorre principalmente dentro dos pites e resulta na evolução de bolhas de hidrogênio associada a estas regiões. Devido à baixa mobilidade iônica no agar-agar, o pH nas regiões que circundam o pite diminui atingindo valores muito baixos, embora, após remoção do gel, estas tenham se mostrado mais brilhantes em relação às regiões mais distantes e escuras, as quais correspondem à coloração verde no gel. É importante que se observe a superfície da liga exposta a este ensaio após remoção do gel. Segundo Ma *et.al.* (18), Donatus *et.al.* (22) e Araujo *et.al.* (26-28) a CLS exibe características distintas do ataque localizado que é associado à micropilhas entre a matriz e partículas constituintes, conforme ilustra a Figura 12. A área onde ocorre ataque localizado distribuído de forma generalizada na superfície exposta apresenta-se escurecida o que deve ser causado pela formação de produtos de corrosão. A dissolução preferencial de lítio e alumínio da fase T1 promove hidrólise e resulta na acidificação do meio e propagação do ataque corrosivo. No interior do pite associado à CLS, a difusão da solução interna para o exterior é dificultada favorecendo a acidificação local, o que é comprovado pela evolução de hidrogênio associada ao pite, e, conseqüentemente, a passivação do pite é impedida. Deste modo, cria-se uma diferença de potencial entre a superfície externa da liga e o interior do pite de CLS, e, em resultado deste

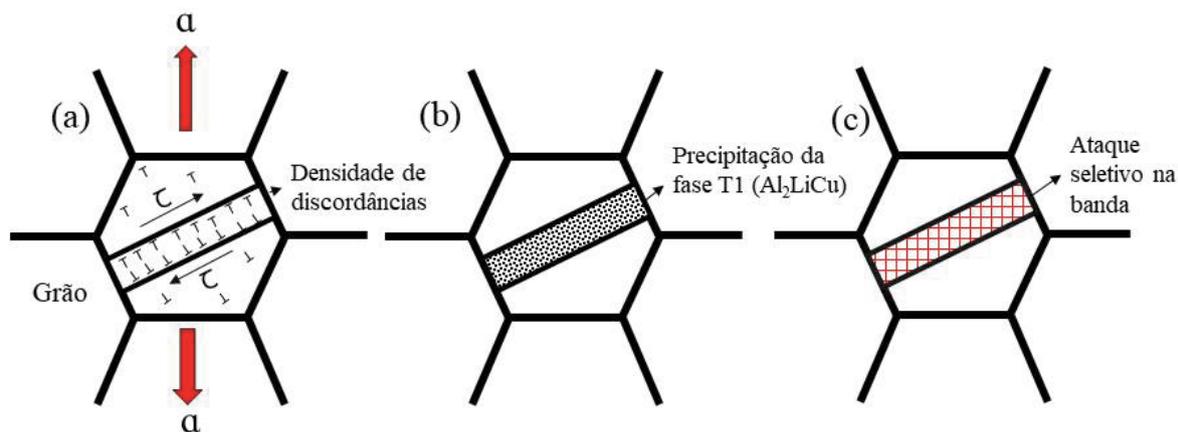


Figura 10- Diagrama esquemático da correlação entre formação das bandas de deformação e a CLS na AA2198-T851: (a) formação das bandas de deformação; (b) precipitação preferencial da fase T1, (c) desenvolvimento da CLS nas bandas de deformação. Adaptado (6).

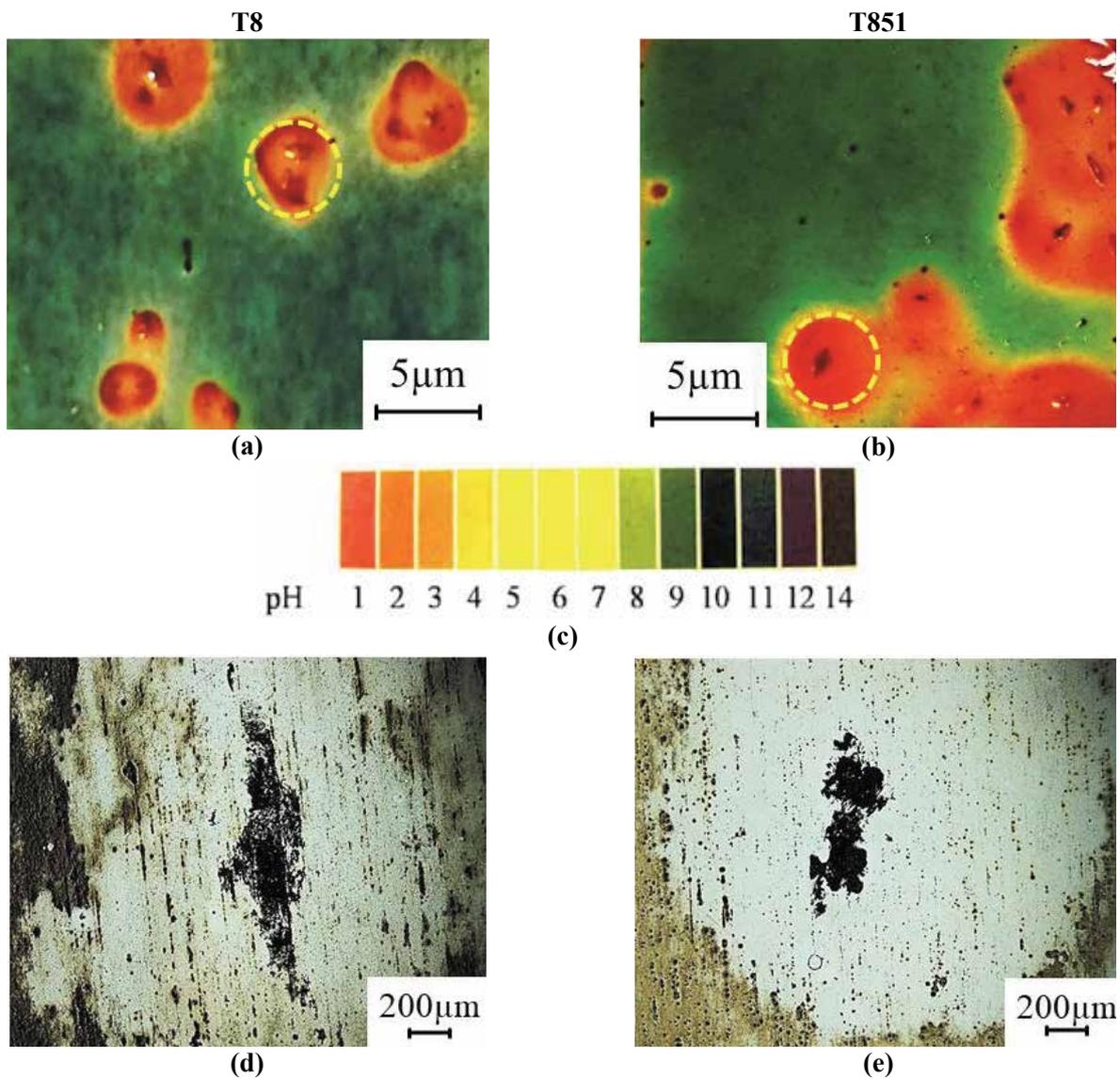


Figura 11- Superfície de amostras da liga AA2198, T8 e T851 expostas ao ensaio de agar-agar com 0,6 mol L<sup>-1</sup> de NaCl durante 5h. (a) e (b) Macrografias do ensaio com gel agar-agar na superfície mostrando áreas anódicas e catódicas, (c) escala de pH, (d) e (e) micrografias da região indicada por círculos em (a) e (b) após remoção do gel.

processo, a área circundante é protegida catodicamente. A Figura 12 ilustra as características deste ataque.

As principais reações que envolvem o processo de formação da CLS são listadas abaixo (29):

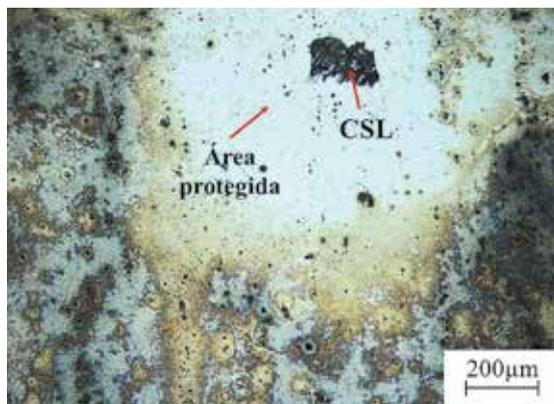
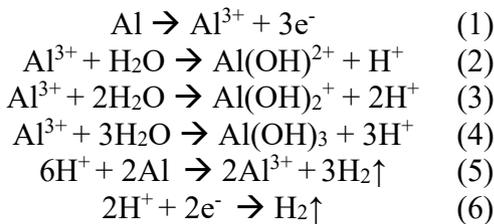


Figura 12- Micrografia ótica da superfície da liga AA2198-T851 após exposição por 24h à solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> de NaCl evidenciando corrosão localizada severa (CLS).

Durante o processo de corrosão tem-se a oxidação do Al para Al<sup>3+</sup> (1) nas regiões anódicas, o que favorece a hidrólise e resulta em diminuição do pH (2)-(4), bem como favorece a evolução do gás hidrogênio (5) e (6). Portanto, a formação de bolhas de hidrogênio indica pH muito baixo e tem sido associada com regiões de corrosão localizada severa.

A Figura 13 ilustra a formação deste tipo de ataque localizado.

A Figura 13 ilustra o mecanismo de iniciação e propagação da corrosão localizada severa associado à microestrutura típica da liga AA2198, sendo que os grãos A, B e C diferem um dos outros pelos diferentes níveis de deformação que sofreram durante o processo de conformação. Assumindo que o grão B tem o maior número de defeitos cristalográficos, este também apresenta maior densidade de fase T1. As Figuras 13 (b), (c) e (e) representam em maior magnificação a região dentro do grão B. Na Figura 13 (b) observa-se a disposição dos precipitados na matriz da liga de alumínio. Segundo Li *et. al* (11) durante as primeiras horas do processo de corrosão, a fase T1 atua como anodo em relação à matriz devido à dissolução preferencial do alumínio e lítio desta fase, Figura 13 (c). Com o tempo, a fase T1 torna-se enriquecida em cobre o que ocasiona a

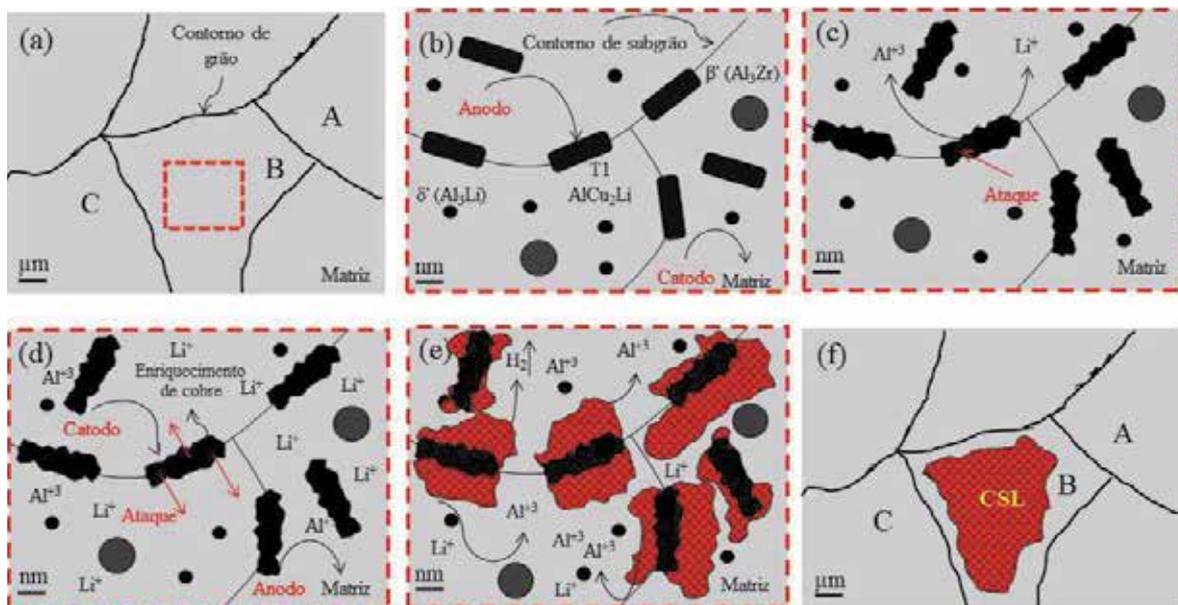


Figura 13- Mecanismo de iniciação e propagação da corrosão localizada severa nas ligas de Al-Cu-Li.

inversão de potencial, e a fase T1 passa a atuar como catodo em relação à matriz, Figura 13 (d). Sendo assim, ocorre ataque cristalográfico na periferia entre esta fase e a matriz e o ataque se propaga pela mesma, ocasionando a liberação de íons  $Al^{3+}$ , acidificação do meio e evolução de hidrogênio, Figura 13 (e). Por fim, observa-se ataque localizado dentro do grão (CLS). Vale destacar que a morfologia da CLS depende da distribuição da fase T1 ao longo dos grãos e esta pode mudar de acordo com o processo termomecânico (10), como visto para ambas as ligas descritas anteriormente; porém, o mecanismo de iniciação e propagação é o mesmo (9-24-28).

## Conclusões

Os resultados deste trabalho permitem as seguintes conclusões:

- (1) a liga submetida ao tratamento T851 apresenta bandas de deformação, enquanto que na liga com tratamento T8 estas características não foram observadas;
- (2) ambos os tratamentos, T8 e T851, foram associados à susceptibilidade à corrosão localizada severa, porém esta foi dependente do tipo de tratamento termomecânico;
- (3) em ambas as ligas, o desenvolvimento de corrosão localizada severa (CLS) foi associado com evolução de bolhas de hidrogênio e dissolução da fase T1, mas não com a distribuição das partículas constituintes;
- (4) na liga com tratamento T8 a CLS teve início nos grãos mais ativos eletroquimicamente e sua morfologia foi diretamente relacionada à microestrutura da liga;
- (5) na liga com tratamento T851 a CLS teve início nas bandas de deformação introduzidas nos grãos durante a etapa de estiramento (alívio de tensões), sendo assim, sua morfologia está relacionada com a dissolução preferencial da fase T1 ao longo das bandas de deformação.

## Referências bibliográficas

WARNER T. Recently-Developed Aluminium Solutions for Aerospace Applications. *Materials Science Forum*, v.51, p. 1271-1278, 2006.

RIOJA, R.; LIU, J. The Evolution of Al-Li Base Products for Aerospace and Space Applications. *Metallurgical and Materials Transactions*, v. 43, p.3325-3337, 2012.

M. ROMIOS, R. TIRASCHI, C. PARRISH, H.W. BABEL, J.R. OGREN, O.S. ES-SAID, J. Design of multistep aging treatments of 2099 (C458) Al-Li alloy, *Mater. Eng. Perform.*, v. 14, p. 641-646, 2005.

CHEN, J.; Madi, Y.; Morgenevner, T.F; Besson, B. Plastic flow and ductile rupture of a 2198 Al-Cu-Li aluminum alloy. *Computational Materials Science*, v. 50, n. 4, p.1365-1371, fev. 2011.

MA, Y.; ZHOU. X.; MENG. X.; HUANG. W.; LIAO. Y.; CHEN. X.; YI. Y.; ZHANG. X.; THOMPSON. G.E.; Influence of thermomechanical treatments on localized corrosion susceptibility and propagation mechanism of AA2099 Al-Li alloy. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, v. 26, n. 6, p.1472-1481, 2016.

HUANG, W.; MA. Y.; ZHOU. X.; MENG. X.; LIAO. Y.; CHAI. L.; YI. L.; ZHANG. X. Correlation between localized plastic deformation and localized corrosion in AA2099 aluminum-lithium alloy. *Surface and Interface Analysis*, v. 48, n. 8, p.838-842, 2015.

PROTON, V.; ALEXIS. J.; ANDRIEU, E.; DELFOSSE, J.; DESCHAMPS, A.; GEUSER, F.; LAFOND, M. C.; BLANC, C. The influence of artificial ageing on the corrosion behaviour of a 2050 aluminium-copper-lithium alloy. *Corrosion Science*, v. 80, p.494-502, 2014.

LUO, C.; ZHANG, X.; ZHOU, X.; SUN, Z.; ZHANG, X.; TANG; Z.; LU, F.; THOMPSON, G.E. Characterization of Localized Corrosion in an Al-Cu-Li Alloy. *Journal of Materials Engineering and Performance*, v. 25, n. 5, p.1811-1819, 30 2016.

MA, Y.; ZHOU, X.; LIAO, Y.; YI, Y.; WU, H.; WANG, Z.; HUANG, W., Localized corrosion in AA2099-T83 aluminium-lithium: The role of intermetallic particles, *Materials Chemistry and Physics*, v. 161, p. 201-210, 2014.

GAO, C.; LUAN, Y.; YU, J.; MA, Y. Effect of thermo-mechanical treatment process on microstructure and mechanical properties of 2A97 Al-Li alloy. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, v. 24, n. 7, p.2196-2202, 2014.

LI, J. F.; LI, C.X.; PHENG, Z. W.; CHEN, W. J.; ZHENG, Z. Q. Corrosion mechanism associated with T1 and T2 precipitates of Al-Cu-Li alloys in NaCl solution, *Journal of Alloys and Compounds*, v. 460, p. 688-693, 2008.

HANSEN, N.; JESEN. J.D. Development of microstructure in FCC metals during cold work. *Philosophical Transactions Of The Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 357, n. 1756, p.1447-1469, 1999.

LI, F.; LIU, Z.; WU, W.; ZHAO, Q.; ZHOU, Y.; BAI, S.; WANG, X.; FAN, G. Slip band formation in plastic deformation zone at crack tip in fatigue stage II of 2xxx aluminum alloys. *International Journal of Fatigue*, v. 91, p.68-78, 2016.

MA., Y.; ZHOU., X.; HUANG, W.; LIAO, Y., CHEN, X., ZHANG, X. Localised corrosion in AA2099-T83 aluminium-lithium alloy: The role of grain orientation. *Corrosion Science*, v. 50, n. 6, p.41-48, 2016.

SUKIMAN, N. L.; ZHOU, X.; BIRBILIS, N.; HUGHES, A.E.; MOL, J. M. C.; GARCIA, S. J.; ZHOU, X.; THOMPSON, G.E. Durability and Corrosion of Aluminium and Its Alloys: Overview, Property Space, Techniques and Developments. *Aluminium Alloys - New Trends In Fabrication And Applications*, p.1-52, 2012.

GAO, Z.; LIU, J.Z.; CHEN, J.H.; DUAN, S.Y.; LIU, Z.R.; MING, W.G.; WU, C.L. Formation mechanism of precipitate T1 in AlCuLi alloys. *Journal Of Alloys And Compounds*, v. 624, p.22-26, 2015.

MA, Y.; ZHOU, X.; THOMPSON, G. E.; HASHIMOTO, T.; THOMPSON, P.; FOWLE, M. Distribution of intermetallics in AA2099-T8 aluminium alloy extrusion, *Materials Chemistry and Physics*, v. 126, p. 46-53, 2010.

MA, Y.; ZHOU, X.; LIAO, Y.; YI, Y.; WU, H.; WANG, Z.; HUANG, W., Localized corrosion in AA2099-T83 aluminium-lithium: The role of intermetallic particles, *Materials Chemistry and Physics*, v. 161, p. 201-210, 2014.

CHEN, P.S.; BHAT, B.N. Time-Temperature-Precipitation behavior in Al-Li alloy 2195. *NASA/TM*, v. 21, p.1-13, 2002.

SIDHAR, HARPREET.; MISHRA, RAJIV S. Aging kinetics of friction stir welded Al-Cu-Li-Mg-Ag and Al-Cu-Li-Mg alloys. *Materials & Design*, v. 110, p.60-71,2016.

GRILLI, R.; BAKER, M.A.; CASTLE, J.E.; DUNN, B.; WATTS, J.F. Localized corrosion of a 2219 aluminium alloy exposed to 3,5% NaCl solution, *Corrosion Science*, v.52, p. 2855-2866, 2010.

QUEIROZ, F.M.; MAGNANI, M.; COSTA, I.; MELO, H.G. Investigation of the corrosion behaviour of AA 2024-T3 in low concentrated chloride media. *Corrosion Science*, v.50, p 2646, 2008

WU, YI-PING.; YE, LING-YING.; JIA, YU-ZHEN.; LIU, LING.; ZHANG, XIN-MING. Precipitation kinetics of 2519A aluminium alloy based on aging curves and DSC analysis.

*Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, v. 24, n. 10, p.3076-3083, 2014.

DONATUS, U.; TERADA, M.; OSPINA, C.R.; QUEIROZ, F.M.; BUGARIN, A.F.S.; COSTA, I. On the AA2198-T851 alloy microstructure and its correlation with localized corrosion behaviour. *Corrosion Science*, v. 131, p.300-309, 2018.

ZHANG, X.; ZHOU, X.; HASHIMOTO, ZHOU; LIU, B.; LUO, C.; SUN, Z.; TANG, Z.; LU F.; MA, Y. Corrosion behaviour of 2A97-T6 Al-Cu-Li alloy: The influence of non-uniform precipitation, *Corrosion Science*, v.132, p. 1-8, 2018.

ARAUJO, J.V de S.; QUEIROZ, F.M.; TERADA, M.; ASTARITA, A.; COSTA, I. Eis study of the microstructure influence on the corrosion behaviour of AA2198-T3 compared to AA2198-T851 alloy, *Anais de Congresso, XXX International Conference on Surface Modification Technologies (SMT30)*, Milan- Italia, 2016.

ARAUJO, J.V de S.; COSTA, I. Influência dos tratamentos T851 e T3 na resistência à corrosão da liga AA2198, *Anais de Simpósio, Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo*, São Paulo, 2016.

ARAUJO, J.V de S.; DONATUS, Y.; QUEIROZ, F.M.; TERADA, M.; MILAGRE, X.; COSTA, I. On the severe localized corrosion susceptibility of the AA2198-T851 alloy, *Corrosion Science*, V. 133, p. 132-140, 2018.

LUO, Chen.; ALBU, S.P.; ZHOU, X.; SUN, Z.; ZHANG, X.; TANG, Z.; THOMPSON, G.E. Continuous and discontinuous localized corrosion of a 2xxx aluminium-copper-lithium alloy in sodium chloride solution. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 658, p.61-70, 2016. ▲



Este artigo, de autoria de João Victor de Sousa Araújo, foi o trabalho ganhador do prêmio Vicente Gentil



# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

**T**ransformações significativas estão ocorrendo em todas as áreas do conhecimento, com um desenvolvimento científico e tecnológico que aproxima de forma inexorável potenciais humanos e máquinas, totalmente ligados à produtos e processos mais sustentáveis.

Garantir produtos e processos químicos mais seguros e ambientalmente limpos são uma tendência em crescimento no setor nacional de tintas.

Para isso, indústrias e fornecedores de matérias-primas têm investido em técnicas e desenvolvimentos que permitem obter produtos com impacto ambiental minimizado, produção mais eficiente com geração de menos resíduos, prevenção de poluição e redução de emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC).

As fábricas no Brasil têm focado seus esforços cada vez mais na pesquisa e desenvolvimento e muitas das inovações vêm das universidades e instituições públicas e centros de pesquisas. A nanotecnologia oferece também a possibilidade de trabalhar com nano aditivos para melhorar as características físicas dos revestimentos.

Grandes fornecedores mundiais de MP para tintas atuam no Brasil de modo direto ou através de seus representantes, juntamente com empresas nacionais, muitas delas detentoras de alta tecnologia e com perfil exportador.

Uma das principais motivações é o ganho de mais espaço no mercado nacional e internacional, acompanhando tendências, novidades e investimentos na qualidade dos produtos e suas adequações às questões ambientais.

A necessidade da inovação tecnológica e adequação vai bem além do ganho de produtividade no chão de fábrica; aumentam as vantagens para formulações das tintas, tanto pela simplificação de fórmulas e processos como pela redução do consumo de energia e, também, em termos de saúde, segurança e meio ambiente, sem prejuízos de desempenho. Fábricas inteligentes promovem a informatização da manufatura. Isso também envolverá um encurtamento dos prazos de desenvolvimento e de lançamento de novos produtos no mercado e mais flexibilidade das linhas de produção, o que tende a resultar em aumento de produtividade e obtenção de uma produção com eficiência.

Buscar a incorporação e o desenvolvimento das soluções tecnológicas é ter agilidade para evitar o *gap* de competitividade com os principais *players* do mercado.

A Advance é detentora de um processo eficiente, desde a seleção de fornecedores e recebimento de MP, até o processo final, gerando produtos de alta qualidade, tendo em sua linha produtos de baixo odor, baixo VOC e baixo perfil de toxicidade, obtendo produtos sustentáveis e estando sempre preocupada com o meio ambiente e com a excelência no atendimento aos clientes.

---

## Patrícia Ruani

Diretora Técnica da Advance Tintas  
patriciaruani@advancetintas.com.br

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

# Recomendações Práticas

## Mais um passo à frente na contribuição técnica da ABRACO

Considerando a amplitude dada aos objetivos da ABRACO, especialmente em seu novo Estatuto, fortalecendo o apoio ao desenvolvimento e aplicação de métodos e práticas destinadas ao combate à corrosão, visando à segurança e à preservação dos equipamentos, materiais e instalações, a Diretoria Executiva da Associação aprovou a proposta da presidência para a elaboração e divulgação das Recomendações Práticas referentes aos diversos métodos de prevenção e combate à corrosão, independentemente das Normas Brasileiras e das próprias normas de empresas, que são amplamente conhecidas.

As recomendações práticas da ABRACO constituem, assim, um conjunto de documentos técnicos, que não são em princípio normas, mas sim orientações de boas práticas. Elas são similares a documentos adotados por várias instituições internacionais de reconhecida tradição que - com o tempo, o uso e o aprimoramento - passaram a ser denominadas de normas.

Elas apresentam aspectos técnicos baseados na experiência de especialistas de notório saber nos diversos temas, com dados não estabelecidos em normas técnicas voluntárias, nacionais, internacionais ou também de empresas.

Dentro desse contexto, o objetivo dessas Recomendações Práticas da ABRACO é oferecer subsídios técnicos a pessoas, ou mesmo empresas, de vários setores da indústria brasileira em assuntos

não contemplados nas normas brasileiras da ABNT, que possam ser aplicados na solução de problemas de corrosão de seus equipamentos ou de suas instalações.

Estas recomendações serão utilizadas também em treinamentos e nos diversos processos de qualificação/certificação da ABRACO

É importante ressaltar que, ao utilizar as Recomendações Práticas da ABRACO, os usuários são alertados de que já devem ter experiência suficiente para entender adequadamente as recomendações apresentadas, não sendo responsabilidade da Associação o seu uso inadequado.



**AS RECOMENDAÇÕES ESTÃO DISPONÍVEIS  
PARA DOWNLOAD NO SITE DA ABRACO EM NORMALIZAÇÃO TÉCNICA.**

A partir desta edição, a Revista Corrosão e Proteção destinará um espaço reservado aos inspetores, que poderá ser ocupado com matérias técnicas enviadas pelos próprios profissionais, relatando experiências, casos de sucesso ou comentários sobre matérias publicadas nesta ou em outras publicações, por exemplo.

Os inspetores que quiserem participar devem enviar seus textos para o e-mail [marketing@abraco.org.br](mailto:marketing@abraco.org.br), acompanhados do nome do inspetor e de seu número do SNQC.

O Inspetor é um profissional extremamente importante para qualidade de produtos e serviços. Consciente disto, a ABRACO vem se esforçando para implementar outras modalidades de inspetores, além da tradicional em pintura anticorrosiva, como Inspetor de Galvanização a Quente, em conjunto com o ICZ, e o Inspetor de Proteção Catódica. E ainda estamos trabalhando na implantação da certificação de pintores.

Na área de inspeção de pintura anticorrosiva já temos mais de 20 anos de atuação, provendo treinamento para estes profissionais. Atualmente temos cerca de 900 inspetores certificados.

Temos absoluta convicção de que o nosso processo de qualificação certificação é muito eficiente, não deixando a desejar em relação a outros existentes no mundo. Por isso, estamos trabalhando na acreditação deste processo junto ao INMETRO, que nos permitirá atingir uma visibilidade internacional.

O nosso processo, fundamentado na norma NBR 15218, é desenvolvido de acordo com o Sistema Nacional de Qualificação e Certificação (SNQC), sendo perfeitamente adequado à nossa cultura, e assegura às empresas a certeza de contar com profissionais preparados para garantir a qualidade da pintura anticorrosiva.

Sentimo-nos muito orgulhosos dos nossos inspetores e, por isso, estamos a partir de agora disponibilizando no portal da ABRACO na internet uma página para que o Inspetor possa colocar o seu currículo, se ele estiver à procura de nova colocação ou ainda se desejar oferecer seus serviços à comunidade. O e-mail para envio de currículo é [marketing@abraco.org.br](mailto:marketing@abraco.org.br).



A foto que ilustra esta seção é uma cortesia do inspetor de pintura Leonardo Alves Nascimento (SNQC: 399)

## Novidades no setor de Qualificação e Certificação

A ABRACO iniciará em julho de 2018 a aplicação de provas eletrônicas no seu Centro de Exames de Qualificação (CEQ). Com isso, os exames teóricos gerais de Inspetor de Pintura Industrial Nível 1 serão aplicados em terminais especialmente preparados para esta finalidade. Esta prova é constituída de 30 questões de múltipla escolha abrangendo todo o programa previsto na norma ABNT NBR 15218 (Critérios para Qualificação e Certificação de Inspetores de Pintura Industrial) e faz parte do exame de qualificação desta ocupação.

### WORKSHOP DE GALVANIZAÇÃO A FOGO - EXPERIÊNCIAS E APLICAÇÕES

O evento, a ser realizado juntamente com o ICZ, tem como objetivo discutir as diversas aplicações da galvanização como técnica de proteção anticorrosiva. Neste ano, o foco principal será na geração de energia renovável, particularmente na energia solar.

#### **Comitê Técnico:**

Carlos Patrício - B. BOSCH  
Ricardo Suplicy - ICZ  
Zehbour Panossian - IPT

**Previsão:** 11 de setembro, em São Paulo, no IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

### SEMINÁRIO DE REVESTIMENTOS EM DUTOS

Evento com o objetivo de discutir as diversas aplicações dos revestimentos de dutos como técnica de proteção anticorrosiva.

#### **Comitê Técnico:**

Andre Lemuchi - Shawcor  
Bruno Cunha - Petrobras  
Carlos Alexandre - Transpetro  
Cristiano Poloni - TSA  
Erik Nunes - Petrobras  
Fabio Azevedo - Petrobras  
Guilherme Haverroth - Petrobras  
Normando Cunha - Shawcor  
Renata Ramos - IEC

**Previsão:** 10 de outubro, no Rio de Janeiro, no INT - Instituto Nacional de Tecnologia.

### A IMPORTÂNCIA DA MONITORAÇÃO E MITIGAÇÃO DA CORROSÃO INTERNA PARA A SEGURANÇA OPERACIONAL: EVOLUÇÃO E OPORTUNIDADES

Evento com o objetivo de discutir os diversos aspectos da corrosão no interior de dutos e equipamentos, uso de inibidores e biocidas, bem como as técnicas de monitoramento da corrosão.

#### **Comitê Técnico:**

Carlos Alexandre - Transpetro  
Mauro Barreto - IEC  
Pedro Altoé - Petrobras

**Previsão:** 07/11/2018 na sede da ABRACO, no Rio de Janeiro.

### V SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PINTURA ANTICORROSIVA - V SBPA

Evento com o objetivo de discutir os diversos aspectos da pintura anticorrosiva como técnica de proteção.

#### **Comitê Técnico:**

Bernardo Rocha - Vale  
Erik Nunes - Petrobras  
Florentina Melo - ABRACO  
Neusvaldo Lira - IPT  
Arariboia Martins - Internacional

**Previsão:** 5 de dezembro, no Rio de Janeiro.

### 3º SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PROTEÇÃO CATÓDICA - SBPC

Evento com o objetivo de discutir os diversos aspectos da proteção catódica como técnica de proteção de estruturas enterradas ou submersas.

#### **Comitê Técnico:**

João Paulo Klausing - Petrobras  
Aldo Cordeiro Dutra - ABRACO  
Marcelo Lopes - Transpetro  
Jurandir Rocha - Individual  
Douglas Cugler - Marinha do Brasil  
Leonardo Barros - Petrobras  
Antônio Caetano - IEC Engenharia  
Hugo Goulart - Zincoligas  
Simone Brasil - COPPE/UFRJ  
Edilson Vieira - GNF  
Glauber Lopes - GNF  
Marcos Estrella - TBG  
Marcos Bartelotti - TBG  
Ronaldo Pires - TecnoCorr  
José Leonardo - Gasmig  
Antônio Valente - Almeida e Valente Eng.  
Neusvaldo Lira - IPT  
Lidinei Neri - Individual  
Renato Kasakevicius - De Nora  
Walmar Baptista - Individual  
Eduardo Barreto - IEC Engenharia  
Eduardo Leite - INT  
Luís Filipe Faria - Metal Sales  
Larissa Gouveia - Marinha do Brasil

**Previsão:** 12 de dezembro, em São Paulo, no IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

# Programação de cursos

|  | LOCAL             | CH | JAN             | FEV | MAR     | ABR     | MAI     | JUN             | JUL | AGO     | SET     | OUT | NOV             | DEZ     |
|--|-------------------|----|-----------------|-----|---------|---------|---------|-----------------|-----|---------|---------|-----|-----------------|---------|
| Intensivo para Inspetor de Pintura Nível 1                 | Rio de Janeiro/RJ | 40 |                 |     |         |         |         |                 |     |         | 10 a 14 |     |                 |         |
| Pintor e Encarregado de Pintura                            | Macaé/RJ          | 40 |                 |     |         |         |         |                 |     | 13 a 17 |         |     |                 |         |
|  | Rio de Janeiro/RJ | 40 |                 |     |         | 16 a 20 |         |                 |     |         |         |     |                 | 10 a 14 |
| Proteção Catódica CP 2 NACE                                | Rio de Janeiro/RJ | 48 |                 |     |         |         |         | 11 a 15         |     |         |         |     |                 |         |
| Inspetor de Pintura Nível 1                                | Jaraguá do Sul/SC | 88 |                 |     |         |         |         | 25/JUN a 06/JUL |     |         |         |     |                 |         |
|  | Macaé/RJ          | 88 |                 |     |         | 02 a 13 |         |                 |     | 20 a 31 |         |     | 26/NOV a 07/DEZ |         |
|  | Fortaleza/CE      | 88 |                 |     |         |         | 02 a 16 |                 |     |         |         |     |                 |         |
|  | Dias D'Ávila/BA   | 88 |                 |     |         |         |         |                 |     |         | 15 a 26 |     |                 |         |
|  | Rio de Janeiro/RJ | 96 | 22/JAN a 03/FEV |     |         |         |         | 05/MAI a 28/JUL |     |         | 17 a 29 |     |                 |         |
|  | São Paulo/SP      | 96 |                 |     |         |         |         | 04 a 16         |     |         |         |     |                 | 03 a 15 |
| Biocorrosão Industrial                                     | Rio de Janeiro/RJ | 24 |                 |     |         |         |         |                 |     |         | 03 a 5  |     |                 |         |
| Corrosão: Fundamentos, Monitoração e Controle              | Rio de Janeiro/RJ | 24 |                 |     |         |         |         |                 |     | 13 a 15 |         |     |                 |         |
| Corrosão, Revestimento e Proteção Catódica                 | Rio de Janeiro/RJ | 24 |                 |     | 12 a 14 |         |         |                 |     |         |         |     |                 |         |
|  | São Paulo/SP      | 24 |                 |     |         |         |         |                 |     |         | 10 a 12 |     |                 |         |
| Técnicas de Monitoramento da Corrosão Interna              | Rio de Janeiro/RJ | 24 |                 |     |         |         |         |                 |     |         |         |     | 05 a 07         |         |
| Corrosão de Materiais na Produção de Óleo e Gás            | Rio de Janeiro/RJ | 40 |                 |     |         |         | 21 a 25 |                 |     |         |         |     |                 |         |
| Básico de Corrosão   | Rio de Janeiro/RJ | 8  |                 |     |         |         |         |                 | 21  | 15      |         |     |                 |         |
| Básico de Proteção Catódica                                | Rio de Janeiro/RJ | 8  |                 |     |         | 28      |         |                 |     |         |         |     | 10              |         |
| Básico de Pintura Industrial                               | Macaé/RJ          | 8  |                 |     |         |         |         |                 |     | 18      |         |     |                 | 08      |
|  | Rio de Janeiro/RJ | 8  |                 | 24  |         |         |         |                 |     |         |         | 06  |                 |         |
|  | São Paulo/SP      | 8  |                 |     |         |         |         |                 |     |         |         |     |                 | 08      |
| Recertificação de Inspetor Nível 1                         | Rio de Janeiro/RJ | 8  |                 | 24  |         | 28      |         | 09              | 07  | 11      |         | 06  | 10              | 08      |
| Recertificação de Inspetor Nível 2                         | Rio de Janeiro/RJ | 8  |                 |     |         | 14      |         |                 | 14  |         |         |     | 24              |         |
| Qualificação de Profissionais de Proteção Catódica Nível 1 | Rio de Janeiro/RJ | 40 |                 |     |         |         |         |                 |     |         |         |     | 26 a 30         |         |



## EMPRESAS ASSOCIADAS

A IDEAL SOLUÇÕES ANTICORROSSIVAS EIRELI ME

ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.

AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS

B. BOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.

BLASPINT MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

CEPEL - CENTRO PESQ. ENERGIA ELÉTRICA

CIA. METROPOLITANO S. PAULO - METRÔ

DE NORA DO BRASIL LTDA.

DEEPWATER DO BRASIL ENGENHARIA LTDA.

EGD ENGENHARIA LTDA

ELÉTRON QUÍMICA COMERCIO E SERVIÇOS LTDA.

FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A

G P NIQUEL DURO LTDA.

GAIATEC COM. E SERV. AUT SISTEMAS DO BR LTDA..

HAPO PINTURAS LTDA - ME

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.

IEC INSTALAÇÕES E ENG<sup>a</sup> DE CORROSÃO LTDA.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA - INT

ITAGUAI CONSTRUÇÕES NAVAIS S.A - ICN

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

MARINE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE TINTAS LTDA.

MORKEN BRASIL COM. E SERV. DUTOS E INSTAL. LTDA.

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

PETROBRAS S/A - PETRÓLEO BRASILEIRO /CENPES

PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO

PINTURAS YPIRANGA LTDA.

PRESSERV DO BRASIL LTDA.

PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.

RENNER HERRMANN S/A

REVESTIMENTOS E PINTURAS BERNARDI LTDA.

SACOR SIDEROTÉCNICA S/A

SMARTCOAT ENGENHARIA EM REVESTIMENTOS LTDA.

TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLIVIA - BRASIL

TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.

TECNOFINK LTDA.

TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.

VCI BRASIL IND. E COM. DE EMBALAGENS LTDA.

W&S SAURA LTDA.

ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.

ZINCOLIGAS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

# ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

## MISSÃO

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

## ATIVIDADES

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

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

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

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

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

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

## ASSOCIE-SE À ABRACO E APROVEITE SEUS BENEFÍCIOS:

Descontos em cursos e eventos técnicos

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

Descontos em anúncios na Revista Corrosão & Proteção

Recebimento de exemplares da Revista Corrosão & Proteção

Pesquisas bibliográficas gratuitas na Biblioteca da ABRACO

Inserção do perfil da empresa no site institucional da ABRACO

E MUITO MAIS! PARTICIPE DO DESENVOLVIMENTO DA ÁREA!



### **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO**

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

(21) 2516-1962 • [www.abraco.org.br](http://www.abraco.org.br)

Facebook: [facebook.com/abraco.oficial](https://facebook.com/abraco.oficial)

LinkedIn: [linkedin.com/company/associacaobrasileiradecorrosao/](https://linkedin.com/company/associacaobrasileiradecorrosao/)

#### CONTATOS DOS SETORES

Associados: [secretaria@abraco.org.br](mailto:secretaria@abraco.org.br)

Biblioteca: [biblioteca@abraco.org.br](mailto:biblioteca@abraco.org.br)

CB-43: [cb43@abraco.org.br](mailto:cb43@abraco.org.br)

Comunicação: [marketing@abraco.org.br](mailto:marketing@abraco.org.br)

Eventos: [eventos@abraco.org.br](mailto:eventos@abraco.org.br)

Financeiro: [financeiro@abraco.org.br](mailto:financeiro@abraco.org.br)

Gerência Geral: [gerenciageral@abraco.org.br](mailto:gerenciageral@abraco.org.br)

Presidência: [presidencia@abraco.org](mailto:presidencia@abraco.org)

Qualificação e Certificação: [qualificacao@abraco.org.br](mailto:qualificacao@abraco.org.br)

Treinamentos: [cursos@abraco.org.br](mailto:cursos@abraco.org.br)