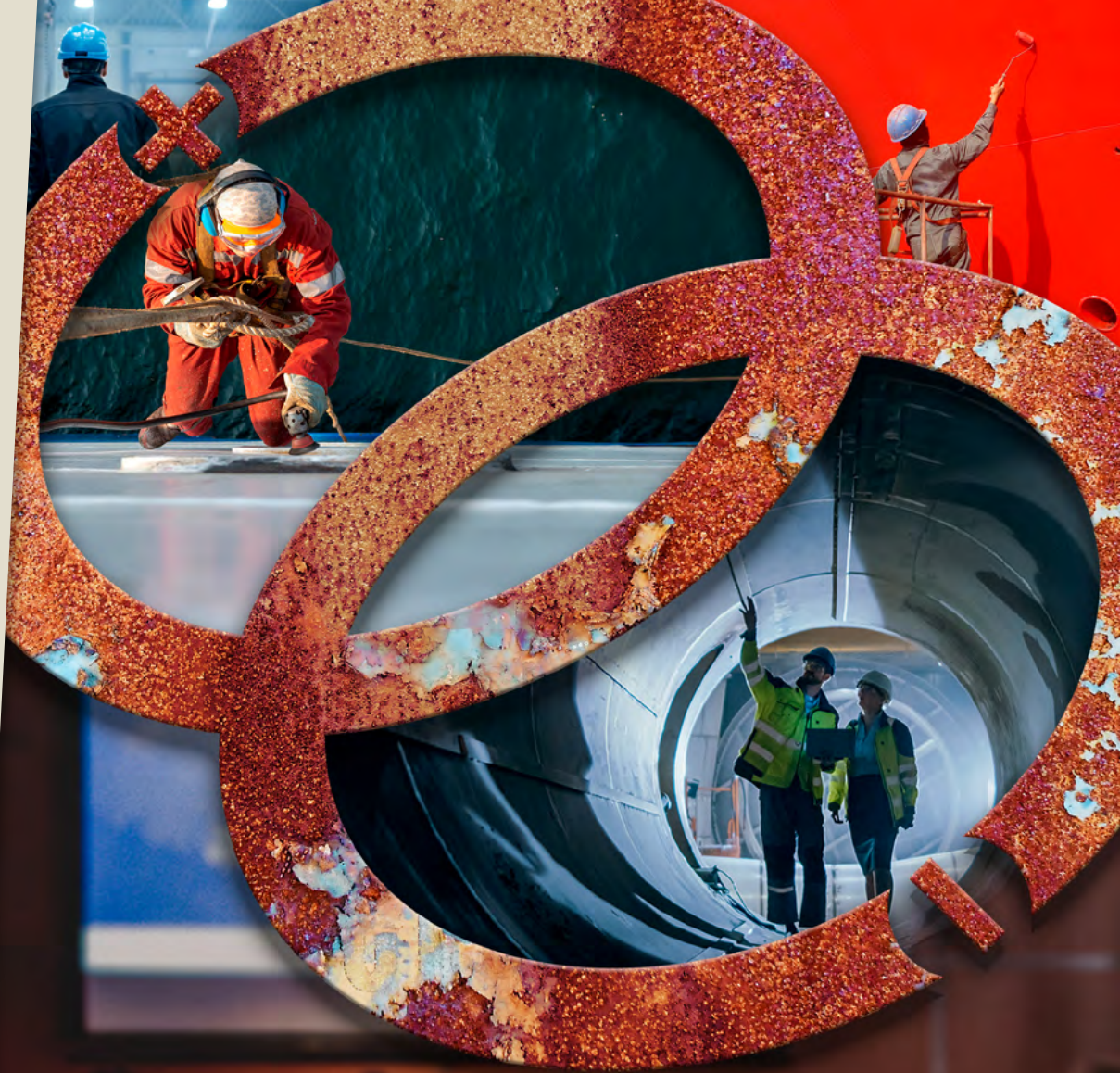


Corrosão & Proteção

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


ABRACO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

Ano 19 | nº 76 | jan/fev/mar/abr 2022



2022 Ano da pintura anticorrosiva

A ABRACO tem orgulho de fazer
parte da história dessa técnica de
enorme relevância para
preservação dos ativos

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

Zehbour Panossian - IPT

Vice-presidente

Neusvaldo Lira de Almeida - IPT

Diretores

Danilo Natalio Sanches – ZINCOLIGAS

Carlos Roberto Patrício – BBOSCH

Diego Gonzalo Hita – HITA

Emilio Duarte Lana Junior - DEEPWATER

Wilson Silvestre Rezende de Oliveira

– INDIVIDUAL

Conselho Editorial

Dra. Célia Aparecida Lino dos Santos

Aldo Cordeiro Dutra – ABRACO

Caroline Sousa – ABRACO

Laerce de Paula Nunes – IEC

REVISTA CORROSÃO & PROTEÇÃO

Revisão Técnica

Aldo Cordeiro Dutra – ABRACO

Dra. Célia Aparecida Lino dos Santos

Jornalista Responsável

Luis Monteiro (Mtb 17055/RJ)

Redação e Publicidade

ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão

Fotografias

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

A **Revista Corrosão & Proteção** é um veículo eletrônico concebido, desenvolvido e editado pela ABRACO. O periódico é publicado trimestralmente no site da Associação (www.abraco.org.br/revistas). A ABRACO não se responsabiliza, nem de forma individual, nem de forma solidária, pelas opiniões, ideias e conceitos emitidos nos textos, por serem de inteira responsabilidade de seus autores.

03 Editorial

04 GRANDES NOMES DA CORROSÃO

Prof. Celso Gnecco

06 Espaço da empresa associada

18 ARTIGO CIENTÍFICO

Incorporação de partículas condutoras alternativas em tintas ricas em zinco e sua influência nas propriedades mecânicas e na proteção contra corrosão

Marília Santos Menossi Mortari, Danae Lopes Francisco, Paloma Vieira dos Santos, Alessandra Nery Gonçalves Motta, Kleber Lanigra Guimarães, Adriano Marim de Oliveira, Zehbour Panossian

28 ARTIGO CIENTÍFICO

Aumento do desempenho de tintas ricas em zinco base epóxi com incorporação de polímero condutor

Danae Lopes Francisco, Marília Santos Menossi, Paloma Vieira dos Santos, Alessandra Nery Gonçalves Motta, Kleber Lanigra Guimarães, Adriano Marim de Oliveira, Zehbour Panossian

40 Empresas associadas



Pintura Anticorrosiva: uma técnica de enorme relevância para o Brasil

A missão da Associação Brasileira de Corrosão – ABRACO é difundir e desenvolver o conhecimento da corrosão e da proteção anticorrosiva, congregando empresas, entidades e especialistas e contribuindo para que a sociedade possa garantir a integridade de ativos, proteger as pessoas e o meio ambiente dos efeitos da corrosão.

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

A corrosão é um assunto multidisciplinar, envolvendo conhecimentos de química, eletroquímica, eletricidade, dentre outros, e está presente nas indústrias, na construção civil, nas instalações portuárias, na área naval e outras instalações marítimas e, porque não dizer, em todos os aspectos do cotidiano da sociedade.

A solução de problemas de corrosão requer conhecimento e experiência profissional. No que se refere ao conhecimento, a ABRACO contribui para formação profissional com cursos básicos, cursos para qualificação profissional e ainda cursos específicos para as empresas.

A Pintura Anticorrosiva é sem dúvida uma das técnicas de maior importância na preservação de ativos, tanto no Brasil como em todo o mundo. Os investimentos no combate e controle da corrosão nesta área, de modo geral, representam um terço do valor global aplicado.

Neste número da revista Corrosão e Proteção estamos evidenciando a importância da Pintura Anticorrosiva. Sentimo-nos muito honrados em participar de todo este esforço tecnológico e de seus benefícios para a sociedade brasileira.

Zehbour Panossian

Presidente da ABRACO





Um importante professor e um ícone da pintura anticorrosiva no Brasil

O Eng. Celso Gnecco é um eminente professor, estudioso da corrosão e da pintura anticorrosiva, com toda uma vida dedicada ao ensino e ao treinamento tecnológico, com uma inigualável capacidade de trabalho e de comunicação com os alunos.



Prof. Celso durante suas aulas na sala de treinamento da Sherwin-Williams

Tem sido um profissional motivador do interesse pela pintura anticorrosiva, tendo concebido e realizado inúmeros cursos em todo o Brasil e disponibilizado para a comunidade um grande acervo de trabalhos técnicos, inclusive na Revista Corrosão e Proteção. A sua extrema capacidade de comunicação, trabalho, dedicação e humildade, que só os sábios possuem, tem impactado profundamente os conceitos e os estudos da pintura anticorrosiva no Brasil.

O Prof. Celso nasceu em São Paulo, tendo feito os primeiros estudos naquela capital. A seguir graduou-se Engenheiro Químico, tendo sido formado em 1974 pela Escola Superior de Química Oswaldo Cruz em São Paulo/SP. Chefiou o Laboratório de Pesquisas e Desenvolvimento de Tintas do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, onde trabalhou de 1969 a 1990. Neste período desenvolveu projetos de pesquisa e desenvolvimento e realizou trabalhos de consultoria no âmbito das empresas nos contratos do IPT.

Autor da publicação IPT 1558 - PINTURA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL (1984). Foi coautor, em 1988, da PUBLICAÇÃO TÉCNICA PT 07 - do Núcleo de Tecnologia da Construção Metálica / Escola Politécnica da USP-FDTE - PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO, os outros coautores neste trabalho foram Ubiraci E. L. de Souza e Antonio D. de Figueiredo.

Atuou como Gerente de Treinamento Técnico da Sherwin-Williams – Unidade Sumaré, a partir de 1990, tendo realizado centenas de cursos na empresa e por todo o Brasil

Foi Presidente da Comissão de Métodos de Ensaio em Tintas da ABNT. É coautor também da APOSTILA TÉCNICA e CARTILHA DO PINTOR - Pinturas Ypiranga, com Fernando Fernandes em 1989.

Desde 1993 atua como Professor da ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas no Curso de Tecnologia em Tintas, sendo coautor do livro da ABRAFATI - TINTAS: CIÊNCIA E TECNOLOGIA (1ª a 4ª edições de 1993 a 2009).

No Instituto Brasileiro de Siderurgia foi coautor do livro “ESTRUTURAS DE AÇO”- CONCEITOS, TÉCNICAS E LINGUAGEM - com - Luís Andrade De Mattos Dias - Editora Zigurate. Ainda no IBS em 1997 foi coautor do Livro Tratamento de Superfície e Pintura - Publicação IBS/CBCA da série Manual de Construção em Aço, juntamente R. Mariano e F. Fernandes em 2003.

É autor das “Historinhas do Pincelzinho”, publicadas na revista “Pintura Industrial”, da Editora Ávila-Agnelo, e atualmente tem publicado parte dos textos no Portal da ABRACO.

Na Associação Brasileira de Corrosão, participou como Membro do Conselho Consultivo e Deliberativo nos biênios 93/95, 96/97 e 98/99. Atua como Instrutor do curso de inspetores de pintura (N1 e N2 da ABNT NBR 15218) da ABRACO, desde 2007.

Ainda na ABRACO, tem participado recentemente em inúmeros minieventos, com muita participação dos profissionais de pintura anticorrosiva.

Atualmente o Prof. Celso continua, para nossa satisfação, em plena atividade, dando cursos, na ABRACO, ABENDI e outras Entidades. É por tudo isso que o Prof. Celso é um grande exemplo para toda a comunidade de corrosão.

Referência

Acervo da Biblioteca 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



Comparativo Inox 304 x Inox 201 Ensaio de corrosão em água sanitária

Com intuito de comparar a resistência à corrosão de várias ligas de aços inoxidáveis a Aperam, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), realizou diversos ensaios de corrosão que serão apresentados em folders técnicos. O primeiro da série é a água sanitária (hipoclorito de sódio 2,5%) que foi o meio mais agressivo, determinando forte corrosão por pite nos aços estudados, propiciando um comparativo importante para o mercado no quesito aplicações.

Nesse meio, foi verificada superioridade do aço 304 à corrosão por pite nos acabamentos 2B e NR4 em relação aos demais aços, com exceção do 439 que apresentou desempenho semelhante.

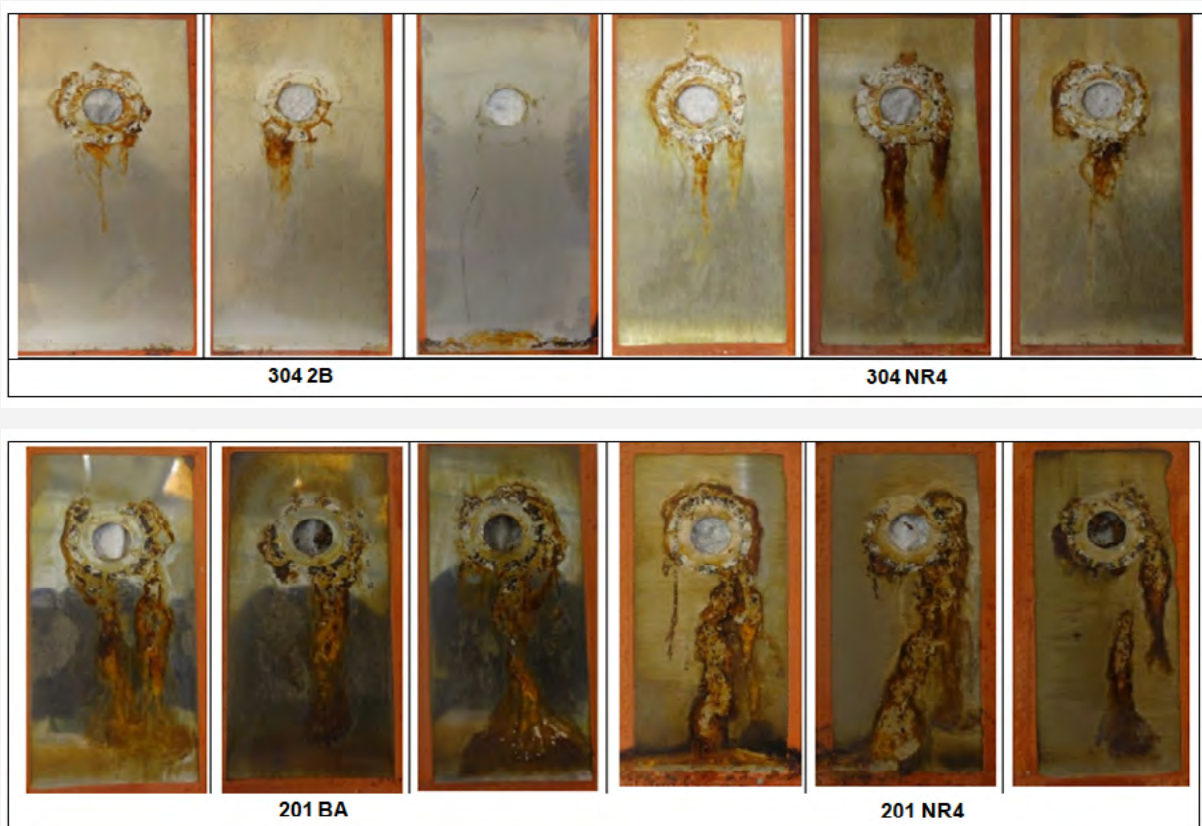


Figura 01 – Aspecto dos corpos de prova após 14 dias de imersão em solução de hipoclorito de sódio 2,5 % com dispositivo gerador de fresta. Os corpos de prova foram lavados com água corrente sob leve esfregamento, rinsados com água Mili-Q, álcool e acetona e depois secos com ar quente. [Comparativo Inox 304 \(8% Ni\) x Inox 201 \(1% Ni\)](#)

Para melhor visualização foi elaborada a Tabela 01, que apresenta uma classificação da susceptibilidade à corrosão por pite dos aços inoxidáveis usando como critério o número médio de pites por corpo de prova após imersão em solução de hipoclorito de sódio por 14 dias. Pode-se verificar que os aços 304 e o aço 439 são os mais resistentes à corrosão por pites em solução de hipoclorito de sódio a 2,5 % dentre os aços estudados.

SUSCEPTIBILIDADE À CORROSÃO POR PITE	AÇO/ ACABAMENTO	Nº MÉDIO DE PITES POR CORPO DE PROVAS
 MENOS SUSCEPTÍVEL	304 2B	0
	439 NR4	0
	439 2B	0,7
	304 NR4	3
	430 NR4	21
	430 2B	27
	201 BA	33
	410 2B	35
	201 2B	78
	202 2D	81
	201 NR4	113
MAIS SUSCEPTÍVEL		

Tabela 1 - Classificação dos aços estudados quanto à resistência à corrosão por pite usando como critério o número médio de pites por corpo de prova após imersão por 14 dias em solução de hipoclorito de sódio a 2,5%.

A seguir na tabela 2, é apresentada de maneira simplificada a classificação relativa de desempenho quanto à resistência à corrosão por pite nos meios em que isso foi possível.

304 2B 439 2B	430 2B	201 BA 410 2B	201 2B	202 2D
MELHOR DESEMPENHO  PIOR DESEMPENHO CORROSÃO POR PITE				
304 NR4 439 NR4	430 NR4		201 NR4	

Tabela 2 - Hipoclorito de sódio 2,5 % - pH inicial: 12,32 e pH final: 8,72

*2B: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M

*BA: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M

*2D: Acabamento fosco conforme norma ASTM A480/ A480M

*NR4: Acabamento lixado/ escovado conforme norma ASTM A480/ A480M

Obs: Pelo número médio de pites alguns aços foram considerados equivalentes neste ensaio de exposição à solução de hipoclorito de sódio a 2,5%

Comparativo Inox 304 x Inox 201

Ensaio de corrosão em água sanitária (Hipoclorito de sódio a 2,5%)

Com intuito de comparar a resistência à corrosão de várias ligas de aços inoxidáveis a Aperam, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), realizou diversos ensaios de corrosão que serão apresentados em folders técnicos. O primeiro da série é a água sanitária (hipoclorito de sódio 2,5%) que foi o meio mais agressivo, determinando forte corrosão por pite nos aços estudados, propiciando um comparativo importante para o mercado relacionado às aplicações.

Produto	Informação do produto
	Finalidade: hipoclorito de sódio, conhecido popularmente como água sanitária ou cândida, é utilizado para limpeza e desinfecção. Origem: adquirido em supermercado, tendo sido escolhida aleatoriamente e embalagem de 2L, mostrada na figura. Diluição: na embalagem constava a concentração de hipoclorito como sendo de 2,5%. Esse produto foi utilizado sem diluição, visando acelerar o processo corrosivo. pH inicial do produto: 12,32. pH após os ensaios de imersão (média/desvio padrão de todos os ensaios): 8,72/ 0,29. Observação: o produto apresentava sólidos escuros em suspensão e foi utilizado sem filtração para representar uma situação real.

Tabela 1 - Informações sobre Água Sanitária (Hipoclorito de sódio a 2,5%)

Podemos verificar com base nas especificações de composição química de norma (%) x valores de composição química encontrados nos ensaios laboratoriais realizados (%).

Especificação Composição Química (%) AISI 304 (UNS S30400) conforme ASTM A240/ A240M															
Cr	Ni	C	Mn	N	Cu	P	S	Mo	Si	Nb	V	Co	Ti	Sn	W
18-20	8-11	0,08	2,00	0,10	-	0,045	0,75	-	0,75	-	-	-	-	-	-
Valores encontrados Composição Química (%) nas amostras de inox AISI 304 (UNS S30400)															
Cr	Ni	C	Mn	N	Cu	P	S	Mo	Si	Nb	V	Co	Ti	Sn	W
18,28	8,01	0,05	1,22	0,05	0,23	0,03	0,003	0,12	0,44	0,008	0,056	0,18	0,003	0,005	0,023
Especificação Composição Química (%) AISI 201 (UNS S20100) conforme ASTM A240/ A240M															
Cr	Ni	C	Mn	N	Cu	P	S	Mo	Si	Nb	V	Co	Ti	Sn	W
16-18	3,5-5,5	0,15	5,5-7,5	0,25	-	0,06	0,03	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Valores encontrados Composição Química (%) nas amostras de aço inox vendido como "AISI 201 (UNS S20100)"															
Cr	Ni	C	Mn	N	Cu	P	S	Mo	Si	Nb	V	Co	Ti	Sn	W
12,9	1,16	0,14	9,44	0,15	0,25	0,04	0,001	0,006	0,46	0,003	0,11	0,13	0,066	0,006	0,01

Tabela 2 - Composição Química Inox 304 x Inox 201
Valores especificados Norma ASTM A240/ A240M x Valores ensaiados nas amostras encontradas

Algo relevante a ser mencionado para o mercado nos ensaios de composição química realizados no IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo) é em relação a composição química dos aços inoxidáveis ensaiados, infelizmente em boa parte da amostragem de composição química a Série 200 ou família 2XX não seguem atualmente os padrões de normas internacionais como a ASTM A240/240M - Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications.

Pode-se observar que as amostras dos aços 201 não seguem o padrão da norma ASTM A240/ A240M para o aço AISI 201 (UNS S20100) onde houve valores fora de norma nos elementos Ni (níquel) onde ficou fora do mínimo 3,5% (Encontrado em análise química: 1,16%) e Mn (Manganês) ficou fora do valor máx. 7,5%. (Encontrado em análise química: 9,44%).

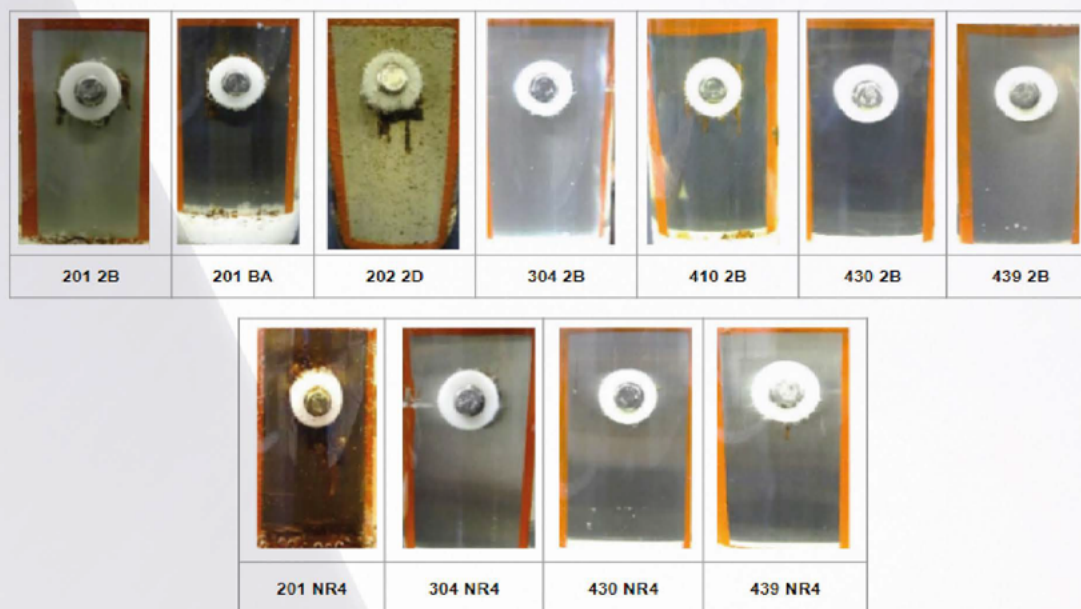


Tabela 3 - Aspecto dos corpos de prova dos diferentes aços dentro da solução de água sanitária (hipoclorito de sódio a 2,5 %) após 1 dia de ensaio.

Para melhor visualização foi elaborada a Tabela 04, que apresenta uma classificação da susceptibilidade à corrosão por pite dos aços inoxidáveis usando como critério o número médio de pites por aço e acabamento após imersão em solução de hipoclorito de sódio por 14 dias. Pode-se verificar que os aços 304 e o aço 439 são os mais resistentes à corrosão por pites em solução de hipoclorito de sódio a 2,5 % dentre os aços estudados.

A seguir na tabela 4, é apresentada de maneira simplificada a classificação relativa de desempenho quanto à resistência à corrosão por pite nos meios em que isso foi possível.

304 2B 439 2B	430 2B	201 BA 410 2B	201 2B	202 2D
MELHOR DESEMPENHO CORROSÃO POR PITE PIOR DESEMPENHO				
304 NR4 439 NR4	430 NR4		201 NR4	

Tabela 4 - Hipoclorito de sódio 2,5 % - pH inicial: 12,32 e pH final: 8,72

Obs: Pelo número médio de pites alguns aços foram considerados equivalentes neste ensaio de exposição à solução de hipoclorito de sódio a 2,5%

*2B: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M

*BA: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M

*2D: Acabamento fosco conforme norma ASTM A480/ A480M

*NR4: Acabamento lixado/ escovado conforme norma ASTM A480/ A480M

Comparativo Inox 304 x Inox 201 Ensaio de Salt Spray (Névoa Salina)

Com intuito de comparar a resistência à corrosão de várias ligas de aços inoxidáveis, a Aperam, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), realizou diversos ensaios de corrosão que serão apresentados em folders técnicos. O segundo da série é o ensaio de Salt Spray, o teste de névoa salina é um método de teste de corrosão padronizado e um dos mais populares mercado visando comparar a resistência à corrosão relativa dos aços inoxidáveis em teste de corrosão acelerado, importante principalmente para comparativo de aplicações em exposição atmosférica.

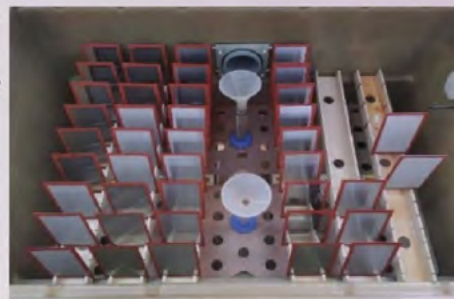


Figura 1 - Câmara de Névoa Salina (Salt Spray)

Foram realizados os ensaios em câmara de névoa salina em amostras de vários aços inoxidáveis dentre eles 201 (2B e NR4), 304 (2B e NR4), 410 (2B), 430 (2B e NR4) e 439 (2B e NR4). Esse ensaio compara a resistência à corrosão relativa dos aços em névoa salina. A Figura 2 apresenta o aspecto dos corpos de prova depois de 30 dias de exposição.

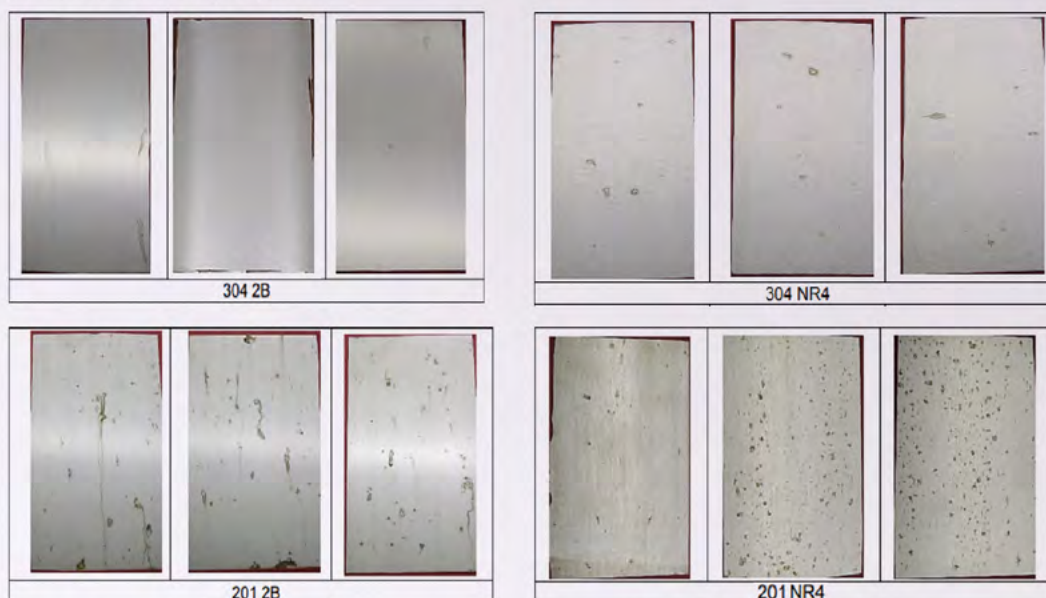


Figura 2 - Aspecto dos corpos de prova dos diferentes aços ensaiados após 30 dias de exposição em câmara de névoa salina

Pode-se verificar que, em geral, os aços de acabamento brilhante apresentaram um desempenho melhor do que os lixados, que pode ser explicado pela menor rugosidade dos acabamentos laminados. Sendo o aço inoxidável 304 2B o de melhor desempenho.

Aço/Acabamento	CP	Quantidade de pontos de corrosão	Médias dos pontos de corrosão	Observações
201	2B	1	151	-
		2	102	
		3	113	
304	2B	1	17	-
		2	17	
		3	15	

Aço/Acabamento	CP	Quantidade de pontos de corrosão	Médias dos pontos de corrosão	Observações
201	NR4	1	> 400	Grande densidade de pontos de corrosão, impossibilitando a contagem.
		2	> 400	
		3	> 400	
304	NR4	1	13	-
		2	23	
		3	21	

Tabela 1 e 2 - Número de pontos de corrosão. Contagem feita com o auxílio de uma lupa (aumento 2,5x)

A Tabela 3 classifica os aços estudados quanto à intensidade de corrosão em câmara de névoa salina. Pode-se verificar que os aços 304, 439 e o aço 430 com acabamento brilhante, nesta ordem, foram os de melhor desempenho. Entre os de acabamento NR4, o aço 304 foi o de melhor desempenho. Todos os aços do grupo 201 apresentaram desempenho muito menor do que o 304. O aço 410 foi o de pior desempenho.

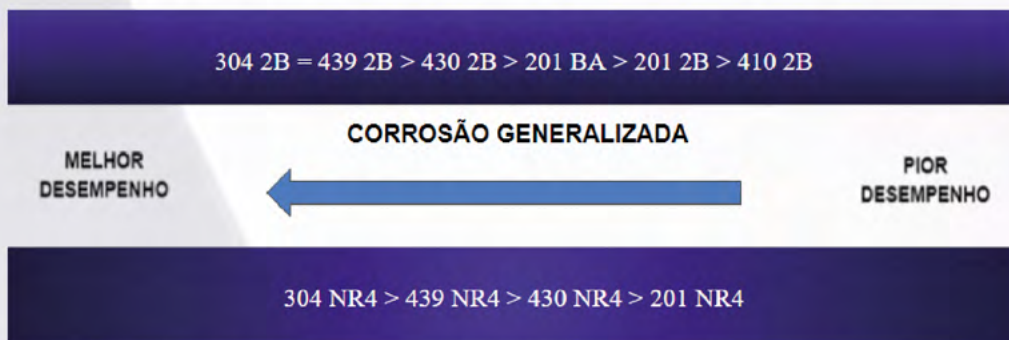


Tabela 3 - Classificação dos aços estudados quanto à resistência à corrosão em câmara de névoa salina usando como critério o número médio de pontos de corrosão por corpo de prova após 30 dias de exposição.

*2B: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M

*BA: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M

*NR4: Acabamento lixado/ escovado conforme norma ASTM A480/ A480M

A eventual escolha do tipo e característica do aço inoxidável para a fabricação/ aplicação é de exclusiva responsabilidade e deliberação do cliente, fabricante e/ou destinatário final dos bens que serão fabricados.

Com intuito de comparar a resistência à corrosão de várias ligas de aços inoxidáveis, a Aperam, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), realizou diversos ensaios de corrosão que serão apresentados em folders técnicos. O terceiro da série é o ensaio de imersão em produtos alimentícios, em específico neste folder o produto Vinagre + 3,5 % NaCl, foi selecionando este por ser mais agressivo e ter caráter ácido, ambiente muitas vezes exposto em aplicações como cozinhas industriais e revestimentos em geral.

Produto	Informações do Produto
 Vinagre + 3,5 NaCl	Preparação para uso: este produto, à base de ácido acético, foi utilizado com adição de 3,5% de NaCl, para torná-lo mais agressivo. Origem: adquirido em supermercado, tendo sido escolhido aleatoriamente a embalagem de 500ml mostrada na figura ao lado. Diluição: esse produto foi utilizado sem diluição. pH inicial do produto: 2,87. pH após os ensaios de imersão (média/desvio padrão de todos os ensaios): 3,35/0,39 Observação: foi selecionado por ser um produto de caráter ácido.

Tabela 1 - Informações sobre o produto de exposição no ensaio de imersão



Figura 1 - Intensidade de frestas nos corpos de prova após ensaio de imersão em vinagre + 3,5% NaCl após 44 dias.

Na figura 1 a solução de ensaio vinagre + 3,5 % NaCl evidenciou a superioridade do aço 304 que apresentou corrosão em frestas moderadas. No caso dos aços inoxidáveis 201, verificou-se que o tipo de corrosão (generalizada ou corrosão em frestas) dependia da composição química, mas especificamente do Nieq (níquel equivalente). A corrosão generalizada ocorria nos corpos de prova com valores baixos de Nieq que por sua vez é função principalmente do teor de níquel (Ni). Sabe-se que o aumento do teor de cobre (Cu) presente nestes aços também acelera a corrosão na região.



Figura 2 - Resultado de análise em microscópio confocal para o aço Inoxidável 201

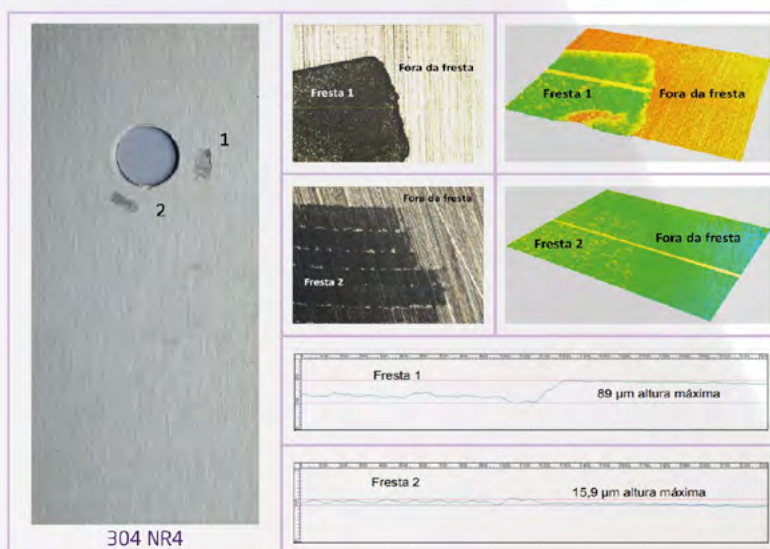


Figura 3 - Resultado de análise em microscópio confocal para o aço inoxidável 304

Pelo fato do uso de mecanismo gerador de frestas e o meio ser bastante agressivo contendo elevada concentração de NaCl, ambos apresentaram corrosão em fresta, o que era esperado. Conforme figura 2 e 3 para quantificar estes resultados foi utilizada a técnica de microscopia confocal, o qual pode ser avaliar a "topografia" do corpo de prova. Assim foi possível encontrar a profundidade dos pontos de corrosão formados.

O aço 304 apresentou profundidade de fresta corroída máxima de 89 µm enquanto o aço 201 apresentou profundidade de 205 µm. Para este ensaio em específico o aço inoxidável 304 se mostrou 2,3x superior ao aço inoxidável 201.

***NR4: Acabamento lixado/ escovado conforme norma ASTM A480/ A480M**

A eventual escolha do tipo e característica do aço inoxidável para a fabricação/ aplicação é de exclusiva responsabilidade e deliberação do cliente, fabricante e/ou destinatário final dos bens que serão fabricados.

Comparativo Inox 304 x Inox 201

Ensaio de imersão em vinagre + 3,5 % NaCl

Com intuito de comparar a resistência à corrosão de várias ligas de aços inoxidáveis, a Aperam, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), realizou diversos ensaios de corrosão que serão apresentados em folders técnicos. O terceiro da série é o ensaio de imersão em produtos alimentícios, em específico neste folder o produto Vinagre + 3,5 % NaCl, foi selecionando este por ser mais agressivo e ter caráter ácido, ambiente muitas vezes exposto em aplicações como cozinhas industriais, coifas e revestimentos em geral.

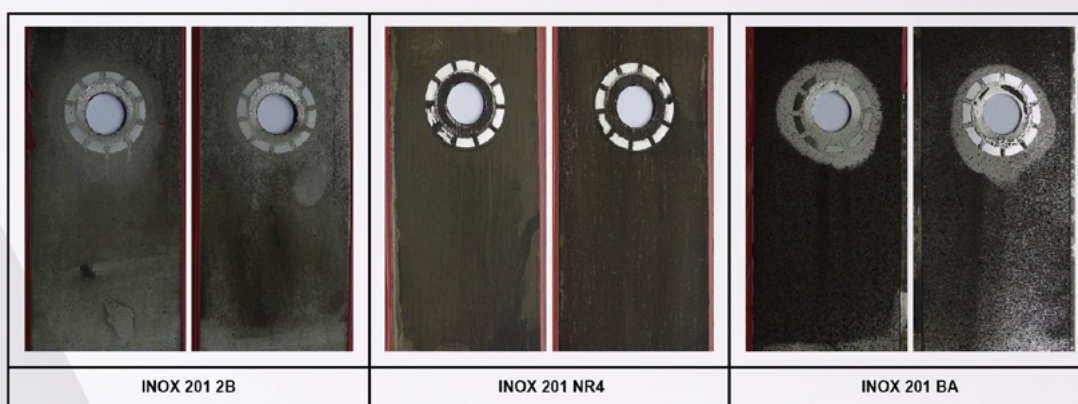


Figura 1 - Intensidade de corrosão generalizada e frestas nos corpos de prova dos aços inoxidáveis "201" nos acabamentos 2B, NR4 e BA após ensaio de imersão em vinagre + 3,5% NaCl após 44 dias.

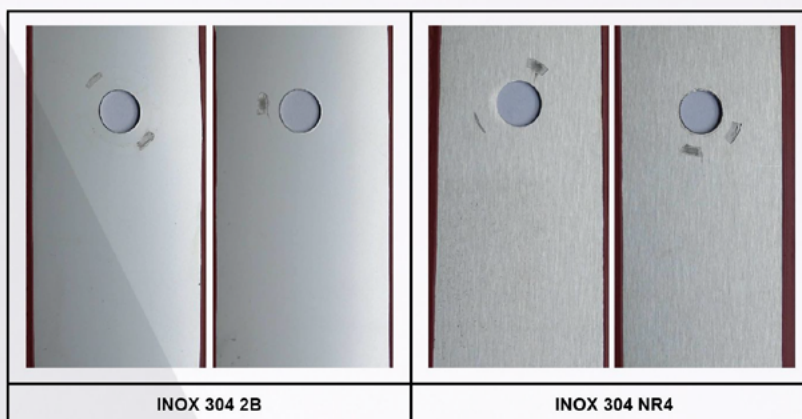


Figura 2 - Intensidade de corrosão por frestas nos corpos de prova dos aços inoxidáveis AISI 304 (UNS S30400) nos acabamentos 2B e NR4 após ensaio de imersão em vinagre + 3,5% NaCl após 44 dias.

Na figura 1 dos aços inoxidáveis "201", verificou-se que o tipo de corrosão (generalizada ou corrosão em frestas) dependia da composição química, mas especificamente do Nieq (níquel equivalente). A corrosão generalizada (escurecida) ocorria nos corpos de prova com valores baixos de Nieq que por sua vez é função principalmente do teor de níquel (Ni). Sabe-se que o aumento do teor de cobre (Cu) presente nestes aços também acelera a corrosão na região. Na figura 2 a solução de ensaio vinagre + 3,5 % NaCl evidenciou a superioridade do aço 304 que apresentou corrosão em frestas moderadas.

$Ni_{eq} = Ni + 0,31Mn + 22C + 14,2N + Cu$							
Aço/ acab	Cu	Ni	Mn	N	C	Ni _{eq}	Corrosão
201 BA	0,23	1,13	9,01	0,16	0,14	9,51	Frestas
201 2B	0,88	1,31	10,65	0,16	0,08	9,52	Frestas
201 2B	0,87	1,35	10,72	0,16	0,08	9,58	Frestas
201 2B	0,84	1,36	10,8	0,16	0,08	9,58	Frestas
201 NR4	0,26	1,14	8,89	0,15	0,15	9,59	Frestas
201 NR4	0,25	1,15	8,98	0,15	0,15	9,61	Frestas
201 NR4	0,85	1,39	10,7	0,16	0,09	9,81	Frestas
201 NR4	0,27	1,18	9,75	0,16	0,14	9,82	Frestas
201 NR4	0,26	1,26	9,61	0,16	0,14	9,85	Frestas
201 NR4	0,27	1,25	9,72	0,16	0,14	9,89	Frestas
201 2B	0,32	1,22	10,22	0,16	0,15	10,28	Frestas
201 2B	0,56	1,5	10,26	0,16	0,15	10,81	Generalizada
201 2B	0,59	1,52	10,18	0,16	0,15	10,84	Generalizada
201 NR4	0,60	2,37	8,72	0,15	0,15	11,10	Generalizada
201 BA	0,65	3,09	8,66	0,16	0,14	11,78	Generalizada
201 NR4	1,98	2,66	10,54	0,16	0,09	12,16	Generalizada
201 BA	0,74	3,55	8,81	0,16	0,14	12,37	Generalizada
201 NR4	2,82	3,34	10,24	0,16	0,09	13,59	Generalizada

Figura 3 - Composição química dos aços inoxidáveis "201" encontrados no mercado.

Com base na figura 3 onde foi observado a composição química das amostras, conclui-se que os aços da série 200 importados da China apresentaram uma grande variabilidade de composição química sendo eles totalmente fora da norma ASTM A240/ A240M - *Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications* em menores teores (%) de Cromo (Cr), Níquel (Ni) e maiores em teores de Manganês (Mn) e Cobre (Cu) para o aço padrão AISI 201 (UNS S20100) e esta variabilidade mostrou-se muito importante para a formação de corrosão por frestas e corrosão generalizada para o meio vinagre + 3,5 % NaCl. No caso dos aços do grupo 201, verificou-se que o tipo de corrosão (generalizada ou corrosão em frestas) dependia da composição química, mas especificamente do Nieq.

*BA: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M.

*2B: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M.

*NR4: Acabamento lixado/ escovado conforme norma ASTM A480/ A480M.

Aço inox é tudo igual?

A nova campanha da Aperam vai deixar isso claro.

A eventual escolha do tipo e característica do aço inoxidável para a fabricação/ aplicação é de exclusiva responsabilidade e deliberação do cliente, fabricante e/ou destinatário final dos bens que serão fabricados.

Comparativo Inox 304 x Inox 201

Imersão em Divosan Forte 0,5% (Desinfetante)

Com intuito de comparar a resistência à corrosão de várias ligas de aços inoxidáveis, a Aperam, em parceria com o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), realizou diversos ensaios de corrosão que serão apresentados em folders técnicos. O quarto da série é o ensaio de imersão em produtos de limpeza, em específico neste folder o produto Divosan Forte 0,5%, foi selecionado por ser um produto de limpeza comumente utilizado pelo mercado e de caráter ácido.

Produto	Informações do Produto
 Divosan Forte 0,5%	Finalidade: Desinfetante, à base de ácido peracético (mistura em equilíbrio de peróxido de hidrogênio, ácido acético e água), destinados à indústria alimentícia e afins. Pode ser utilizado como substituto do hipoclorito de sódio, uso autorizado pela Portaria nº15 de 23/08/1988 da ANVISA. Origem: Adquirido diretamente do fornecedor do produto. A embalagem era de 5L. Diluição: na embalagem do produto constava tratar-se de ácido peracético a 15% com indicação de diluição para diversos tipos de aplicação. Foi utilizada a concentração de 0,50% que é indicada para aplicação por imersão. pH inicial do produto: 3,36. pH após os ensaios de imersão (média/desvio padrão de todos os ensaios): 3,95/007. Observação: foi selecionado por ser um produto de limpeza de caráter ácido.

Tabela 1 - Informações sobre Divosan Forte 0,5% (Desinfetante)



Figura 1 - Comparativo de Resistência à corrosão das amostras de Inox 304 x Inox 201.

No produto de limpeza Divosan Forte 0,5 %, ocorreu somente corrosão em frestas em todos os aços estudados e, neste caso, só foi possível classificar os aços usando como critério o número de frestas por corpo de prova. Segundo esse critério, os aços foram classificados na seguinte ordem conforme tabela 2:

304 2B	439 2B	304 NR4	430 NR4	201 2B	201 NR4	410 2B
CORROSÃO EM FRESTA						
						
MELHOR DESEMPENHO			PIOR DESEMPENHO			

Tabela 2 - Divosan Forte 0,5 % - pH inicial: 3,36 e pH final: 3,95

Pode-se verificar que o aço 304 2B foi o de melhor desempenho. Em Divosan, os aços austeníticos 304 2B superaram aos da série 400 e série 200. Além disso, o exame visual mostrou que a profundidade das frestas dos aços do grupo 201 era maior do que a do aço 304. Isso confirma o efeito benéfico do Ni em aumentar a resistência à corrosão em frestas por aumentar a resistência à corrosão generalizada da liga dentro da fresta. Nesse caso, verificou-se uma ligeira tendência de desempenho melhor para o acabamento brilhante.

*2B: Acabamento brilhante conforme norma ASTM A480/ A480M.

*NR4: Acabamento lixado/ escovado conforme norma ASTM A480/ A480M.

Aço inox é tudo igual?

A nova campanha da Aperam vai deixar isso claro.



A eventual escolha do tipo e característica do aço inoxidável para a fabricação/ aplicação é de exclusiva responsabilidade e deliberação do cliente, fabricante e/ou destinatário final dos bens que serão fabricados.

Incorporação de partículas condutoras alternativas em tintas ricas em zinco e sua influência nas propriedades mecânicas e na proteção contra corrosão

Marília Santos Menossi Mortari^a, Danae Lopes Francisco^b, Paloma Vieira dos Santos^c, Alessandra Nery Goncalves Motta^d, Kleber Lanigra Guimarães^e, Adriano Marim de Oliveira^f, Zehbour Panossian^g

^a Engenharia de Materiais – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

^b Mestre, Engenharia de Materiais – IPT

^c Engenharia de Materiais – IPT

^d Bacharel em Química – IPT

^e PhD, Engenheiro de Materiais – IPT

^f PhD, Engenheiro Químico – IPT

^g PhD, Físico – IPT

Resumo

As tintas ricas em zinco apresentam elevada concentração de zinco metálico e são amplamente utilizadas para proteção contra corrosão de substratos de aço carbono, especialmente em ambientes agressivos. Estas tintas à base de epóxi têm uma alta condutividade elétrica que oferece proteção catódica ao substrato. No entanto, a elevada concentração de zinco proporciona uma perda de propriedades mecânicas no filme, como coesão e adesão. Assim, o presente trabalho mostra o estudo relacionado à modificação de tintas ricas em zinco com a incorporação de zinco em diferentes morfologias (partículas esféricas e lamelares) e partículas poliméricas condutoras, visando melhorar as propriedades mecânicas da tinta sem comprometer sua eficiência de proteção contra corrosão. Ensaio de aderência *pull-off* foram realizados para avaliar a propriedade mecânica e medidas de potencial de circuito aberto foram realizadas para avaliar o desempenho eletroquímico das tintas. Os resultados mostraram um aumento de 57 %, 63 % e 64 % nos valores de *pull-off* para tintas preparadas com zinco nanoparticulado, zinco lamelar e partícula polimérica condutora, respectivamente, quando comparadas a uma tinta comercial rica em zinco considerada como referência. Os resultados do potencial de circuito aberto indicaram que todas as tintas modificadas ofereceram proteção catódica à superfície do aço, com valores de potenciais inferiores a -0,85 V (eletrodo de calomelano saturado) para 1000 h de imersão em solução salina, exceto para o revestimento preparado com partícula polimérica condutora, que apresentou valores de potenciais abaixo de -0,85 V (eletrodo de calomelano saturado) por 975 h.

Keywords: corrosão, proteção catódica, tinta rica em zinco, revestimento, nanopartícula de zinco, zinco lamelar, partícula polimérica condutora.

1. Introdução

As tintas ricas em zinco (TRZs) são tintas conhecidas e amplamente utilizadas para proteger estruturas de aço, especialmente aquelas expostas em ambientes agressivos. Podem ser utilizadas em aço jateado como tinta protetora durante o transporte e armazenamento em períodos de construção e também como *primer*, promovendo a adesão com o substrato e protegendo-o contra corrosão [1], [2]. Atualmente, as TRZs são amplamente empregadas como *primer* em tintas de alto desempenho em diversos meios agressivos, como em ambientes marinhos (em contato com névoa salina ou água do mar na zona de respingos) e ambientes industriais [3] "ISSN": "2160-0392", "abstract": "Electrochemical impedance spectroscopy (EIS).

As TRZs são caracterizadas por possuírem como pigmento um elevado teor de zinco metálico na película seca (termo "rica em zinco"), com a finalidade de haver contato elétrico entre as partículas e entre essas e o substrato de aço, condição necessária para o bom desempenho desta classe de tintas para proteção contra corrosão [3] "ISSN": "2160-0392", "abstract": "Electrochemical impedance spectroscopy (EIS). Os pigmentos de zinco podem ser usados na forma de esferas, lamelas ou ambos. Além disso, esses revestimentos podem ser orgânicos, à base de epóxi, ou inorgânicos, formulados com matéria-prima à base de silicato [4]. As TRZs orgânicas, à base de epóxi e com agente de cura amida, são tradicionalmente utilizadas e consolidadas no mercado devido às suas características promissoras, como bom comportamento térmico e mecânico; alta resistência química e à corrosão; excelente adesão a diferentes substratos; baixo encolhimento pós-cura e uma grande variedade de condições de processamento em comparação às TRZs inorgânicas [5].

A importância do zinco usado como pigmento nas TRZs é a proteção contra corrosão de aço. Existem dois mecanismos de proteção contra corrosão envolvidos no sistema: (i) proteção catódica e (ii) proteção por barreira [6]–[8]. Quando as partículas de zinco estão em contato entre elas e com o substrato de aço, ocorre oxidação

do zinco ($\text{Zn}^0 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2e^-$) na superfície das partículas de zinco. Na superfície do aço, ocorre uma redução catódica do oxigênio dissolvido com formação de OH^- . A precipitação de óxidos/hidróxidos de zinco ocorre entre o zinco e o aço. Em partículas isoladas de zinco (sem contato elétrico com o substrato), tanto a reação anódica do zinco quanto a reação catódica do oxigênio dissolvido ocorrem ao longo de toda a superfície das partículas, com produção de Zn^{2+} e OH^- . Neste caso, a precipitação de produtos de corrosão ocorre diretamente sobre a superfície de zinco, acarretando no isolamento elétrico das partículas, resultando em partículas metálicas recobertas com produtos de corrosão [9]. Quando os produtos de corrosão isolam as partículas de zinco umas das outras e do substrato de aço, a proteção catódica deixa de agir e a proteção por barreira torna-se o principal mecanismo de proteção. Posteriormente, quando há dano mecânico na camada de tinta, o zinco metálico pode ser exposto novamente e atuar como um metal de sacrifício protegendo o aço exposto na falha, e os produtos de corrosão do zinco podem selar a região exposta da TRZ [8], [10].

Portanto, para que uma TRZ seja eficiente, é necessário que ela contenha elevada concentração de zinco, para que não haja interrupção no fluxo de elétrons. No entanto, níveis extremamente elevados não podem ser adotados, uma vez que altas concentrações de zinco podem levar à redução da adesão entre a tinta e a superfície do substrato e ao aumento da porosidade da película seca, reduzindo sua coesão [7]. Diferentes valores de teor de zinco nas TRZs são encontrados na literatura. Fragata, Sebrão e Serra [11] citam que os níveis mencionados na maioria dos estudos são controversos, com valores de fração de massa acima de 85 %. De acordo com Schaefer e Miszczyk [2], a fração mássica do teor de zinco numa película seca pode variar entre 80 % e 86 %. No Brasil, a especificação mais adotada para TRZs à base de epóxi é a norma PETROBRAS N-1277. A versão de 2013 desta norma recomenda pelo menos 88 % de zinco na película seca. Menciona-se que a concentração de zinco também pode ser expressa como fração volumétrica, sendo

tipicamente maior que 60 % [3] "ISSN": "2160-0392", "abstract": "Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) 65 % [12]. Kalendová [7] afirma que a condutividade elétrica máxima das TRZs é alcançada com a fração de massa do pigmento de zinco entre 92 % e 95 %, indicando que apenas 5 % a 8 % são constituídos por resina (aglutinante), o que compromete as propriedades mecânicas de coesão e adesão juntamente com o elevado teor de zinco, reduzindo o desempenho do revestimento. Além disso, a viscosidade das TRZs com esse nível de pigmento é inadequada, dificultando a aplicação do revestimento. O armazenamento da tinta líquida também é prejudicado devido ao aumento da sedimentação, nesse caso.

Há uma tendência a reduzir os níveis de zinco metálico para valores abaixo dos normalmente citados na literatura [11]. As principais razões para essa tendência são a melhoria das propriedades mecânicas da película seca (adesão e coesão), a facilidade de aplicação, o armazenamento da tinta [7], [13], [14] e a redução de custos relacionado com o teor de zinco [11]. A diminuição do teor de zinco torna o revestimento mais flexível, promovendo maior adesão ao substrato, enquanto que o aumento favorece a formação de poros na película seca e, portanto, a incorporação de ar nos vazios entre os pigmentos, prejudicando as propriedades de coesão na tinta e a adesão entre a tinta e o substrato [13]. A redução de zinco nas TRZs é suportada pela versão atual da norma Petrobras N-1277:2017, que não especifica a concentração mínima de zinco, assim como a versão 2013. A versão recente especifica o valor mínimo de resistência para o ensaio de aderência *pull-off* e o valor máximo do potencial de circuito aberto (PCA) após 1000 h de imersão da película seca em solução de NaCl a 3,5 %.

Alternativas para modificar TRZs têm sido constantemente estudadas. A substituição de partículas de zinco esféricas por zinco lamelar tem sido sugerida como uma alternativa promissora, pois aumenta a superfície exposta pelo volume de zinco adicionado. O uso de negro de fumo ou polianilina (PAni) em TRZs aumenta a

condutividade melhorando o contato elétrico entre as partículas de zinco e entre elas e o substrato de aço, permitindo inclusive uma redução no teor de zinco [12]. As TRZs também podem ser modificadas com alumina [15]–[18], poliestireno sulfonato (PSS) [18], polipirrol (PPy) [15], [17]–[20], nanotubos de carbono de paredes múltiplas, PAni [12], [21]–[23], óxido micáceo (MIO) [24]–[27] e calogênios amorfos (vítreos) [28] cashew nut shell liquid ZRP and epoxy polyamide ZRP].

De acordo com a literatura, a substituição de parte das partículas de zinco permite reduzir o volume total de pigmentos, o que leva a TRZs com melhores propriedades mecânicas sem perder a capacidade de proteção contra corrosão.

Neste trabalho, modificações de TRZs comerciais foram realizadas com partículas condutoras alternativas, como nanopartículas de zinco, zinco lamelar e partículas poliméricas condutoras. O zinco nanométrico e o zinco lamelar utilizados foram adquiridos comercialmente e as partículas poliméricas condutoras foram sintetizadas devido ao alto custo de mercado. A eficiência da proteção contra corrosão e as propriedades mecânicas das TRZs modificadas foram estudadas.

2. Metodologia

2.1. Materiais

O pó de zinco metálico de tamanho micrométrico utilizado neste trabalho foi o MICROZIN 2500, BRASÓXIDOS, Brasil.

Nanopartículas esféricas de zinco metálico (99,5 %, 80 nm, Nanostructured & Amorphous Materials, Inc.), partículas lamelares de zinco metálico (Standart Zinc flake GTT, ECKART Effect Pigments) e partículas poliméricas condutoras foram usadas como partículas condutoras alternativas para a modificação de TRZs. As partículas poliméricas condutoras com morfologia casca-núcleo (*core shell*) foram sintetizadas em laboratório.

Uma TRZ comercial à base de epóxi com agente de cura de amida foi utilizada como tinta de referência, a qual atendeu a todos os requisitos estabelecidos pela norma brasileira PETROBRAS N-1277:2017.

2.1.1. Síntese de partículas poliméricas condutoras

Para a síntese de partículas poliméricas condutoras de morfologia *core shell* foram utilizados os seguintes reagentes: metacrilato de metila (MMA; 99 %; 30 mg/L de MEHQ como inibidor, Sigma Aldrich), estireno sulfonato de sódio (StySO₃Na; 90 %, Sigma Aldrich), ácido acrílico (99 %, 200 mg/L de MEHQ como inibidor, Sigma Aldrich), sílica coloidal (SiO₂ 30 %, Nalco, Brasil), persulfato de sódio (Na₂S₂O₈, grau analítico, Casa Americana, Brasil), anilina (99 %; Sigma Aldrich), ácido clorídrico (HCl, grau analítico, 37 %, Química Moderna, Brasil), cloreto de sódio (NaCl, grau analítico, Synth, Brasil) e persulfato de amônio ((NH₄)₂S₂O₈; 98 %; Neon, Brasil).

O látex (*core*) foi produzido por polimerização em emulsão. Primeiro, adicionou-se água (418,5 g) e SiO₂ coloidal 30 % (16,71 g) em um reator de vidro encamisado com capacidade de 500 mL, equipado com um agitador mecânico (400 rpm). A temperatura foi controlada e ajustada para 75 °C pelo uso de um banho termostático e uma atmosfera inerte foi estabelecida por fluxo contínuo de nitrogênio. Posteriormente, os monômeros MMA (45 g), StySO₃Na (2,5 g) e ácido acrílico (2,5 g) foram adicionados e, após 10 min, a reação foi iniciada pela adição de Na₂S₂O₈ (0,125 g) previamente solubilizada em água (3,57 g) ao reator. A mesma quantidade de solução de Na₂S₂O₈ foi adicionada a cada 1 h, totalizando 4 h de reação com mais três adições desta solução no meio de reação.

A dispersão de partículas *core shell* foi sintetizada adicionando o látex (200 g), com fração de sólidos em massa de 11 %, anilina (20,248 g), água (478,981 g) e NaCl (0,779 g) em um béquer. Uma solução de HCl (1 mol/L) foi utilizada para

reduzir o pH para 1,5. O persulfato de amônio em água foi adicionado para oxidação de anilina de acordo com a relação mássica anilina/persulfato de amônio igual a 1,0:1,5.

O pó polimérico condutor foi obtido por secagem da dispersão por atomização. O processo foi conduzido em um *spray dryer* de bancada Büchi 190 com temperatura de entrada de 120 °C e temperatura de saída de 70 °C.

2.2. Caracterização de partículas condutoras alternativas

A técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) de Alta Resolução foi utilizada para a caracterização morfológica das partículas condutoras alternativas. As imagens foram obtidas com o equipamento (FEI Quanta 3D) operando no modo *Secondary Electron Imaging* (SEI), sob aceleração de 20 kV e em condição de alto vácuo. As amostras em pó foram coladas no suporte (*Stub*) com fita de cobre dupla face e revestidas com filme fino de Au/Pd por *sputtering*.

2.3. Preparação das TRZs modificadas com partículas condutoras alternativas

A incorporação de partículas alternativas em TRZs foi realizada a partir da formulação base, conhecida como mistura de solventes, resina, agente de cura e outros pigmentos de TRZs comerciais. A formulação base foi misturada com o pó de zinco metálico e as partículas condutoras alternativas com o auxílio de um agitador mecânico acoplado a um impelidor do tipo Cowles sob rotação igual a 800 rpm por 20 min.

A Tabela 1 mostra a fração de massa da formulação base, pó de zinco de tamanho micrométrico e partículas condutoras alternativas usadas no preparo das TRZs modificadas.

Tabela 1 - Concentração em fração de massa dos componentes das TRZs.

TRZ	Formulação base	Zinco em pó*	Nanopartículas de zinco	Zinco lamelar	Partículas poliméricas condutoras
TRZ_referência	22,75 %	77,25 %			
TRZ_N	27,02 %	72,67 %	0,31 %	-	-
TRZ_L	26,65 %	72,67 %	-	0,68 %	-
TRZ_P	27,14 %	72,67 %	-	-	0,19 %

* Partículas esféricas micrométricas tradicionais.

2.4. Preparação de amostras pintadas: aplicação das TRZs modificadas e de referência

Para os testes de desempenho mecânico e eletroquímico, os substratos de aço foram pintados com as TRZs de referência e modificadas. O preparo das amostras e seu processo de revestimento foram realizados de acordo com a norma brasileira PETROBRAS N-1277:2017.

2.5. Ensaios de aderência pull-off

A aderência pull-off foi escolhida para avaliar a propriedade mecânica das TRZs estudadas. O teste foi realizado de acordo com a norma ASTM D 4541-2017 - *Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers*.

2.6. Ensaio eletroquímico: potencial de circuito aberto

As medições do PCA foram realizadas de acordo com a norma brasileira PETROBRAS N-1277:2017. Utilizou-se como referência um eletrodo de calomelano saturado (ECS). O eletrodo de trabalho foi constituído por uma

chapa de aço (10,0 x 15,0) cm² revestida com a TRZ a ser avaliada. Dois cilindros de vidro com diâmetro interno de 5,0 cm foram colados na superfície da placa para definir a área a ser testada. Cada cilindro foi preenchido com uma solução de NaCl 3,5 %. Um potenciostato multi-canal Bio-Logic, Science Instruments foi utilizado para as medidas de PCA.

3. Resultados e Discussão

As imagens de MEV do zinco em pó micro-métrico, zinco nanométrico e zinco lamelar, utilizados nas modificações da TRZ, são mostradas na **Figura 1**, **Figura 2** e **Figura 3** em duas ampliações diferentes para cada amostra. É possível observar que o zinco em pó (**Figura 1**) é constituído por partículas metálicas de zinco de morfologia esférica e tamanho micrométrico, quase sem aglomeração. As partículas nanométricas de zinco (**Figura 2**) possuem dimensão nanométrica e morfologia esférica, porém, devido ao seu pequeno tamanho, permanecem bastante aglomeradas quando comparadas às partículas de tamanho micrométrico. O zinco lamelar (**Figura 3**) tem uma morfologia lamelar

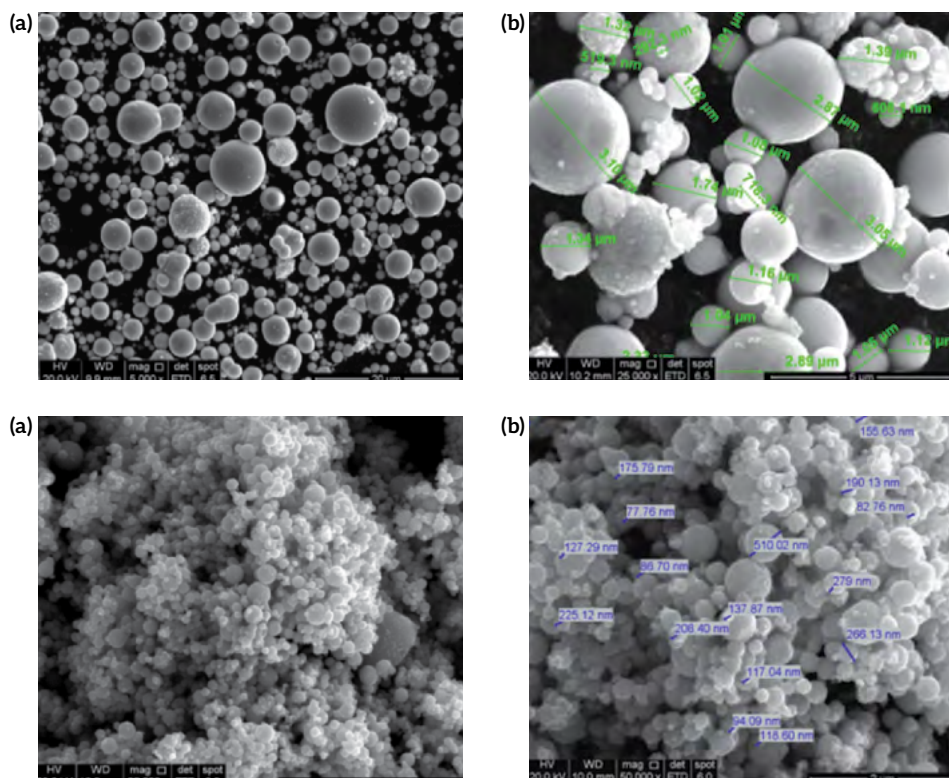


Figura 1 - Imagens de MEV em duas ampliações diferentes (a) e (b) de zinco em pó de tamanho micrométrico.

Figura 2 - Imagens de MEV em duas ampliações diferentes (a) e (b) de nanopartículas de zinco.

possível obter tintas com aparência e viscosidade semelhantes às tintas comerciais de referência (TRZ_referência). A mistura das partículas com impelidor do tipo Cowles levou à desaglomeração e a uma distribuição mais homogênea do zinco metálico (partículas de zinco micrométricas, nanométricas e lamelares) e das partículas poliméricas condutoras na tinta líquida.

Os valores de aderência *pull-off* dos revestimentos pintados indicam a adesão e a coesão do revestimento ao substrato. Quanto maiores os valores obtidos, mais difícil é o desprendimento da tinta do substrato (adesão) ou da própria tinta (coesão). A **Figura 5** mostra os resultados desse teste realizado com as TRZs modificadas em comparação com a tinta de referência. É importante citar que todas as amostras apresentaram um descolamento entre a camada de tinta e o substrato (adesão A/B), indicando uma boa coesão dos revestimentos estudados. Observa-se que as TRZs modificadas apresentaram valores superiores aos da TRZ de referência, indicando uma maior adesão entre a tinta e o substrato de aço. A incorporação de nanopartículas de zinco foi responsável por um aumento de 57 % na aderência *pull-off*. A formulação com zinco lamelar proporcionou um aumento de 63 % e as partículas poliméricas condutoras um aumento de 64 %, em relação à referência. Tais resultados são especialmente explicados pela diminuição da concentração total de zinco nas TRZs modificadas (ver **Tabela 1**).

Em relação à medida eletroquímica de PCA, observa-se na **Figura 6** os resultados para os quatro corpos de prova de aço pintados com as TRZs estudadas no presente trabalho, juntamente com as espessuras da película seca e as respectivas imagens superficiais após 1000 h de ensaio.

Apenas a TRZ_P (ZRP_P, curva vermelha) assumiu valores de PCA superiores a -0,85 V (linha tracejada preta) após 975 h, enquanto os outros valores ficaram abaixo desse limite para esse revestimento. As demais TRZs apresentaram todos os valores de PCA abaixo de -0,85 V (ECS) durante o teste, incluindo a referência. Nenhuma das superfícies analisadas apresentou sinais de corrosão do aço.

É possível observar que o revestimento de referência é aquele com os menores valores potenciais antes de 500 h de ensaio, o que pode ser explicado pela maior concentração de zinco metálico nesse revestimento, proporcionando maior percolação elétrica entre as partículas e ocasionando uma diminuição nos valores de PCA. TRZ_N (ZRP_N) e TRZ_L (ZRP_L) também apresentam condutividade elétrica significativa, pois seus valores de PCA permaneceram próximos aos valores da TRZ de referência (ZRP_reference) após 500 h, no entanto, as concentrações de zinco são menores nos dois últimos revestimentos, indicando que a morfologia e o tamanho das partículas nanométricas

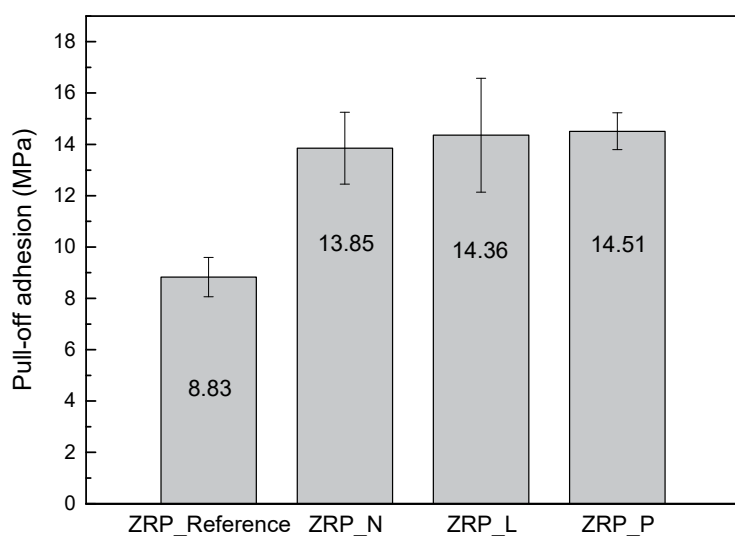


Figura 5 – Valores de aderência *pull-off* para formulações de TRZs modificadas com nanopartículas de zinco (ZRP_N), zinco lamelar (ZRP_L) e partículas poliméricas condutoras (ZRP_P) em comparação com uma TRZ comercial de referência (ZRP_reference).

e lamelares foram de extrema importância para o contato elétrico na camada protetora de tinta. Além disso, verifica-se na literatura que aglomerados de partículas nanométricas de zinco podem formar caminhos preferenciais para a passagem de corrente elétrica em TRZs [2], sendo outra possibilidade para os referidos resultados. Assim, TRZ de referência (ZRP_reference), TRZ_N (ZRP_N) e TRZ_L (ZRP_L) protegem o substrato catodicamente.

Para a TRZ_P (ZRP_P), os valores de potenciais são mais positivos do que os valores das outras tintas, o que pode ser explicado pela presença de partículas cobertas com PANi ES na formulação. A literatura menciona que revestimentos contendo apenas PANi protegem o substrato de aço anodicamente [29], [30]. Como esse revestimento tem uma baixa concentração do polímero condutor juntamente com uma alta quantidade de partículas de Zn, o aumento nos valores de potenciais, devido à presença

de PANi ES, foi baixo o suficiente para manter os valores de PCA abaixo do valor especificado de -0,85 V (ECS) por quase todo o período do teste. Portanto, TRZ_P (ZRP_P) também é capaz de manter a condutividade elétrica da película seca e, assim, considera-se ter protegido o substrato de aço por proteção catódica até o momento em que os produtos de corrosão de zinco causaram a perda de contato elétrico entre as partículas no revestimento, dando lugar à proteção por barreira após 975 h, ou seja, quase em 1000 h de testes. A ocorrência da propriedade da barreira pode ser verificada por inspeção visual que não mostra nenhum sinal de corrosão vermelha na superfície das amostras testadas.

De acordo com a norma brasileira PETROBRAS N-1277:2017, nenhuma falha deve ser observada após 1000 h de imersão, incluindo corrosão do aço, e o potencial eletroquímico medido deve ser mais negativo que -0,85 V (ECS) (valor acima do qual não há proteção catódica do

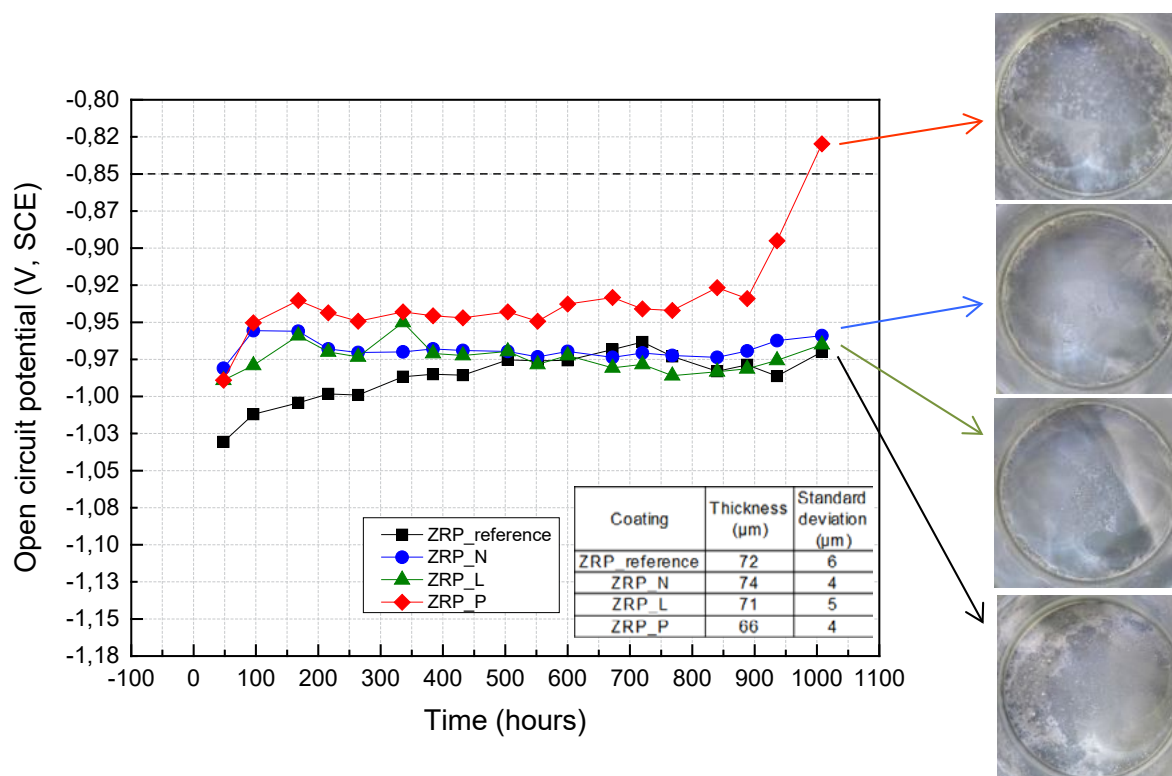


Figura 6 – Curvas PCA (OCP do inglês, Open Circuit Potential) para formulações de TRZs modificadas com nanopartículas de zinco (ZRP_N), zinco lamelar (ZRP_L) e partículas poliméricas condutoras (ZRP_P) em comparação com uma TRZ comercial de referência (ZRP_reference). As espessuras (thickness) das películas secas e das superfícies da amostra após 1000 h são mostradas na figura.

aço). Como resultado, TRZ_N (ZRP_N), TRZ_L (ZRP_L) e a TRZ de referência (TRZ_reference) são considerados aprovados pela norma. A TRZ_P (ZRP_P) não atende ao mesmo requisito, no entanto, esse fato é negligenciado porque não há corrosão do aço (sem ferrugem) e os valores de PCA permaneceram abaixo do limite durante a maior parte do período de teste.

4. Conclusões

No presente trabalho, foram obtidas TRZs modificadas com partículas condutoras alternativas e suas propriedades mecânicas e de proteção contra corrosão foram comparadas com uma TRZ comercial, incluída no estudo como referência. Os resultados mostraram melhor desempenho mecânico do que a TRZ de referência e propriedades satisfatórias de proteção contra corrosão das tintas desenvolvidas.

A modificação da TRZ com nanopartículas de zinco apresentou aderência *pull-off* 57% superior à TRZ de referência. O revestimento modificado com zinco lamelar apresentou um aumento de 63% e o revestimento com partículas poliméricas condutoras com morfologia *core shell* resultou num aumento de 64% em relação à tinta comercial.

TRZ de referência, TRZ_N e TRZ_L apresentaram valores de potencial eletroquímico nos testes de PCA abaixo de -0,85 V (ECS) por 1000 h. TRZ_P apresentou um ligeiro aumento no valor de PCA acima de -0,85 V (ECS) após 975 h. Nenhuma corrosão do aço (ou ferrugem) foi encontrada em qualquer superfície analisada.

Referências

- [1] T. Szauer e A. Brandt, "Impedância measurement on zinc-rich paints," *J. Oil Colour Chem.*, vol. 1, 1984.
- [2] K. Schaefer e A. Miszczyk, "Melhoria da ação eletroquímica de tintas ricas em zinco pela adição de zinco nanoparticulado," *Corros. Sci.*, vol. 66, pp. 380-391, 2013.
- [3] N. Hammouda, H. Chadli, G. Guillemot e K. Belmokre, "The Corrosion Protection Behaviour of Zinc Rich Epoxy Paint in 3% NaCl Solution," *Adv. Chem. Eng. Sci.*, vol. 01, pp. 51-60, 2011.
- [4] C. Gnecco, R. Mariano, and F. FERNANDES, "Tratamento de Superfície e Pintura." Rio de Janeiro, p. 94, 2003.
- [5] P. Musto, M. Abbate, G. Ragosta e G. Scarinzi, "A study by Raman, near-infrared and dynamic-mechanical spectroscopies on the curing behavior, molecular structure and viscoelastic properties of epoxy/anhydride networks," *Polymer (Guildf)*, vol. 48, no. 13, pp. 3703-3716, 2007.
- [6] S. Feliu, R. Barajas, J. M. Bastidas e M. Morcillo, "Mecanismo de proteção catódica de tintas ricas em zinco por espectroscopia de impedância eletroquímica. II. Estágio de Barreira," *J. Coatings Technol.*, vol. 61, n. 775, pp. 71-76, 1989.
- [7] A. Kalendová, "Effects of particle sizes and shapes of zinc metal on the properties of anticorrosive coatings," *Prog. Org. Coatings*, vol. 46, no. 4, pp. 324-332, 2003.
- [8] F. T. Shirehjini, I. Danaee, H. Eskandari e D. Zarei, "Effect of Nano Clay on Corrosion Protection of Zinc-rich Epoxy Coatings on Steel 37," *J. Mater.*, vol. 32, no. 11, pp. 1152-1160, 2016.
- [9] M. Morcillo, R. Barajas, S. Feliu e J. M. Bastidas, "A SEM study on the galvanic protection of zinc-rich paints," *J. Mater. Sci.*, vol. 25, no. 5, pp. 2441-2446, 1990.
- [10] F. Theiler, "O mecanismo de prevenção da ferrugem das tintas de pó de zinco," *Corros. Sci.*, vol. 14, no. 7, pp. 405-414, 1974.
- [11] F. L. Fragata, M. Z. Sebrão e E. T. Serra, "The Influence of Particle Size and Metallic Zinc Content in the Behaviour of Zinc-Rich Paints," *Corrosão e Proteção Mater.*, vol. 6, no. 1, pp. 12-22, 1987.
- [12] E. Akbarinezhad, M. Ebrahimi, F. Sharif e A. Ghanbarzadeh, "Assessing protection performance of zinc rich epoxy paints modified with polyaniline and polyaniline-clay nanocomposite," *Prog. Org. Revestimentos*, vol. 77, no. 8, pp. 1299-1308, 2014.
- [13] S. O. Pagotto Júnior and N. L. de Almeida, "Discussão sobre falhas em revestimentos ricos em zinco," in *12ª Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos - COTECQ2013 - 086*, 2013, pp. 644-651.
- [14] M. Kohl, A. Kalendová e J. Stejskal, "The effect of polyaniline phosphate on mechanical and corrosive properties of protective organic coatings containing high amount of zinc metal particles," *Prog. Org. Coatings*, vol. 77, no. 2, pp. 512-517, 2014.
- [15] A. Gergely, É. Pfeifer, I. Bertóti, T. Török e E. Kálmán, "Corrosion protection of cold-rolled steel by zinc-rich epoxy paint coatings loaded with nano-size alumina supported polypyrrole," *Corros. Sci.*, vol. 53, no. 11, pp. 3486-3499, 2011.
- [16] A. Gergely, Z. Pászti, I. Bertóti, T. Török, E. Pfeifer e E. Kálmán, "Novel zinc-rich epoxy paint coatings with hydrated alumina and carbon nanotubes supported polypyrrole for corrosion protection of low carbon steel: Part I: Inhibitor particles and their dispersions," *Mater. Corros.*, vol. 64, no. 12, pp. 1082-1090, 2013.
- [17] A. Gergely e T. I. Török, "Optimally Balanced Active-Passive Corrosion Protection by Zinc-Rich Paint Coatings Featuring Proper Hybrid Formulation with Polypyrrole Modified Carbon Nanotubes," *Mater. Sci. Forum*, vol. 752, pp. 275-283, 2013.
- [18] A. Gergely, Z. Pászti, J. Mihály, E. Drotár e T. Török, "Função galvânica de revestimentos ricos em zinco facilitada pela percolação da estrutura dos nanotubos de carbono. Parte II: Propriedades de proteção e mecanismo dos revestimentos híbridos," *Prog. Org. Coatings*, vol. 77, no. 2, pp. 412-424, 2014.
- [19] A. Gergely, I. Bertóti, T. Török, É. Pfeifer, e E. Kálmán, "Proteção contra corrosão com revestimentos de tinta epóxi

ricos em zinco incorporados com várias quantidades de partículas monohidratadas de alumina depositadas em polipirrol altamente dispersas”, *Prog. Org. Coatings*, vol. 76, no. 1, pp. 17–32, 2013.

[20] A. Gergely, Z. Pászti, J. Mihály, E. Drotár e T. Török, “Função galvânica de revestimentos ricos em zinco facilitada pela estrutura percolante dos nanotubos de carbono. Parte I: Caracterização das partículas de tamanho nano”, *Prog. Org. Coatings*, vol. 78, pp. 437–445, 2015.

[21] A. Kalendová, D. Veselý e J. Stejskal, “Revestimentos orgânicos contendo polianilina e pigmentos inorgânicos como inibidores de corrosão”, *Prog. Org. Coatings*, vol. 62, no. 1, pp. 105–116, 2008.

[22] A. Meroufel, C. Deslouis e S. Touzain, “Electrochemical and anticorrosion performances of zinc-rich and polyaniline powder coatings,” *Electrochim. Acta*, vol. 53, no. 5, pp. 2331–2338, 2008.

[23] E. Armelin, M. Martí, F. Liesa, J. I. Iribarren, e C. Alemán, “Partial replacement of metallic zinc dust in heavy duty protective coatings by conducting polymer,” *Prog. Org. Coatings*, vol. 69, no. 1, pp. 26–30, 2010.

[24] M. Selvaraj e S. Guruviah, “Aspectos eletroquímicos da proteção proporcionada pelo revestimento de acabamento em primers ricos em zinco”, *Pigment Resin Technol.*, vol. 30, no. 6, pp. 374–379, 2001.

[25] M. Selvaraj e S. Guruviah, “Aspectos eletroquímicos da proteção proporcionada pelo revestimento de acabamento em primers ricos em zinco”, *Pigment Resin Technol.*, vol. 30, no. 6, pp. 374–379, dezembro de 2001.

[26] S. Y. Arman, B. Ramezanzadeh, S. Farghadani, M. Mehdipour e A. Rajabi, “Aplicação do ruído eletroquímico para investigar a resistência à corrosão de um revestimento rico em zinco epóxi carregado com alumínio lamelar e partículas de óxido de ferro micáceo”, *Corros. Sci.*, vol. 77, no. 1, pp. 118–127, 2013.

[27] M. N. Kakaei, I. Danaee e D. Zaarei, “Investigação da proteção contra corrosão proporcionada por revestimentos anticorrosivos inorgânicos compreendendo óxido de ferro micáceo e pó de zinco”, *Corros. Eng. Sci. Technol.*, vol. 48, no. 3, pp. 194–198, 2013.

[28] M. Kohl, A. Kalendová, R. Boidin e P. Němec, “The effect of amorphous chalcogenides on mechanical and anticorrosive properties of protective organic coatings containing high amount of zinc metal particles,” *Prog. Org. Coatings*, vol. 77, no. 9, pp. 1369–1375, 2014.

[29] B. Wessling, “Avanço Científico e Comercial para Metais Orgânicos”, *Synth. Conheci.*, vol. 85, pp. 1313–1318, 1997.

[30] P. P. Deshpande, N. G. Jadhav, V. J. Gelling e D. Sazou, “Conducting polymers for corrosion protection: a review,” *Journal of Coatings Technology and Research*, vol. 11, no. 4, Shivajinagar, pp. 473–494, Jul-2014.

Aumento do desempenho de tintas ricas em zinco base epóxi com incorporação de polímero condutor

Danae Lopes Francisco¹, Marília Santos Menossi², Paloma Vieira dos Santos³, Alessandra Nery Gonçalves Motta⁴, Kleber Lanigra Guimarães⁵, Adriano Marim de Oliveira⁶, Zehbour Panossian⁷

¹ Mestre, Engenheira de Materiais – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)

² Engenheira de Materiais – IPT

³ Engenheira de Materiais – IPT

⁴ Bacharel em Química – IPT

⁵ PhD, Engenheiro de Materiais – IPT

⁶ PhD, Engenheiro Químico – IPT

⁷ PhD, Físico – IPT

Resumo

De acordo com “*International Measures of Prevention, Application and Economics of Corrosion Technology (IMPACT)*” publicado pela NACE, o custo global da corrosão é estimado em US\$ 2,5 trilhões. A implementação da prevenção contra corrosão poderia economizar entre U\$ 375 a U\$ 875 bilhões. A pintura de estruturas expostas em atmosferas é a forma mais comumente usada de proteção contra corrosão do aço-carbono. As tintas ricas em zinco são amplamente utilizadas hoje e são consideradas um dos métodos de proteção contra corrosão carbono-aço mais eficazes. Assim, eles têm sido amplamente utilizados em esquemas de pintura para ambientes altamente agressivos. Como *primer*, ou tinta de fundo, as tintas ricas em zinco são utilizadas na camada mais interna do revestimento com o objetivo principal de proteger o substrato contra a corrosão e promover a adesão da tinta ao substrato. No presente estudo, propõe-se uma formulação de tinta na qual o zinco metálico é parcialmente substituído por partículas de um polímero condutor, sendo esse a polianilina, com o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas do revestimento. Observou-se um aumento considerável nas propriedades mecânicas da nova formulação em comparação com uma tinta rica em zinco comercial sem comprometer sua condutividade elétrica.

Keywords: corrosão, revestimento, tinta rica em zinco, propriedades mecânicas.

1. Introdução

O aço carbono é um dos metais estruturais mais utilizados devido às suas características mecânicas e de baixo custo, no entanto, quando exposto a agentes oxidantes, pode haver uma interação físico-química e o aço carbono pode sofrer corrosão, comprometendo a integridade das estruturas. De acordo com “*International Measures of Prevention, Application and Economics of Corrosion Technology (IMPACT)*”, publicado pela NACE International, o custo global da corrosão é estimado em US\$ 2,5 trilhões. A implementação da prevenção contra corrosão poderia economizar entre US\$ 375 a US\$ 875 bilhões de dólares¹.

A pintura de estruturas expostas em atmosferas agressivas é a forma mais utilizada de proteção contra corrosão em aço carbono. Normalmente, essas tintas são combinadas em um esquema de pintura multicamada composto basicamente por três camadas, a saber, *top coat*, camada intermediária e *primer*. Este último tem contato direto com o substrato metálico com o objetivo de protegê-lo contra corrosão e promover a adesão entre a camada de tinta e o substrato².

O uso de zinco em tintas para mitigar fenômenos de corrosão começou em 1840. Gardner (1916) propôs o uso de zinco metálico em pó na composição de tintas³. Na época, os pós de zinco foram empregados especificamente para aumentar o poder de cobertura das tintas, sem que sua propriedade de proteção contra corrosão fosse conhecida⁴. O uso de tintas ricas em zinco (TRZs) foi ampliado desde 1930 e é utilizado como a solução mais eficiente para a proteção de estruturas de aço carbono⁵. As TRZs são caracterizadas por apresentarem alto teor de zinco metálico na película seca, garantindo contato elétrico entre os pigmentos, condição importante para a proteção contra corrosão⁴.

A exposição de uma camada de TRZ a um eletrólito cria um par galvânico entre as partículas de zinco e a superfície do substrato de aço. O zinco (menos nobre que o ferro) atua como um ânodo de sacrifício do par galvânico, corroendo

preferencialmente, conferindo a chamada proteção catódica. Tal mecanismo atua até que os produtos de corrosão gerados contornem as partículas de zinco e selem os poros e os espaços vazios da camada de tinta. Como resultado, a resistência elétrica da camada de tinta aumenta e a ação de sacrifício do zinco diminui⁶. A partir desse momento, o mecanismo de proteção por barreira começa a agir. De acordo com Feliu *et al.* (1989), os produtos de corrosão do zinco também são depositados em aço exposto na interface TRZ/aço, o que contribui para sua proteção⁷.

Há uma tendência de redução dos níveis de zinco metálico devido às propriedades mecânicas (adesão e coesão), aplicação, armazenamento de tinta (diminuição da sedimentação) e o fato de que o custo das tintas aumenta com o teor de zinco. A diminuição do teor de zinco torna o revestimento mais flexível, promovendo maior adesão ao substrato, enquanto que o aumento favorece a formação de poros no filme e, consequentemente, a incorporação de ar nos vazios entre o pigmento, prejudicando as propriedades de adesão/coesão do revestimento^{4,8,9}.

Modificações de TRZs através da substituição de partículas de zinco por partículas alternativas têm sido estudadas, alguns exemplos são alumina¹⁰, nanotubos de carbono de paredes múltiplas¹⁰, poliestireno-sulfonato (PSS)¹¹, polipirrol (PPy)^{11,12} e polianilina (PAni)¹³.

A polianilina (PAni) é um dos polímeros eletroativos (condutores) mais estudados¹⁴⁻¹⁷. A PAni, além de sua excelente condutividade elétrica, destaca-se também por suas propriedades eletroquímicas, boa estabilidade ambiental, baixo custo e fácil síntese¹⁸.

O PAni possui três estruturas básicas que dependem do estado de oxidação da molécula, designadas respectivamente como: base de leucoesmeraldina (LB), base de pernigranilina (PB) e base de esmeraldina (EB). A primeira estrutura (LB) é completamente reduzida, a segunda (PB) é completamente oxidada e a terceira (EB) é oxidada ou reduzida. Dentre estas, a forma mais estável é a EB e a mais facilmente degradável é a LB¹⁹. Para que a PAni apresente seu maior

nível de condutividade, ela deve estar no estado de oxidação EB, para que a estrutura polimérica tenha unidades oxidadas e reduzidas na mesma proporção¹⁷.

No presente estudo, foram sintetizadas partículas do tipo *core shell* (*core shell*, CS), onde o núcleo é um copolímero acrílico (polímero não condutor) e a casca, a polianilina (polímero condutor). Essas partículas foram incorporadas na formulação de TRZ para melhorar as propriedades mecânicas dessas novas formulações sem comprometer as propriedades elétricas.

2. Metodologia

2.1 Materiais

Metacrilato de metila (MMA; 99 %; 30 ppm de MEHQ como inibidor, Sigma Aldrich), estireno sulfonato de sódio (StySO₃Na; 90 %, Sigma Aldrich), ácido acrílico (99 %, 200 ppm de MEHQ como inibidor, Sigma Aldrich), sílica coloidal (SiO₂ 30 % em fração em massa, Nalco, Brasil), persulfato de sódio (Na₂S₂O₈, Casa Americana, Brasil), anilina (99 %; Sigma Aldrich), ácido clorídrico (37 % PA, Química Moderna, Brasil), cloreto de sódio (Synth, Brasil), persulfato de amônio (APS; 98 %; Neon, Brasil) foram utilizados para sintetizar a partícula polimérica condutora *core shell*. Polianilina na forma sal de esmeraldina (Pani ES) (Sigma Aldrich) foi selecionada e utilizada como referência comercial de partícula condutora polimérica. Todos os reagentes são grau analítico.

Utilizou-se como revestimento de referência uma TRZ comercial à base de epóxi e amida como agente de cura (com as características exigidas pela norma brasileira PETROBRAS N-1277:2017). Para o preparo da tinta modificada, utilizou-se a formulação comercial de TRZ sem zinco metálico e incorporou-se a partícula polimérica condutora *core shell* (TRZ com CS), conforme explicado a seguir.

2.2 Síntese das partículas poliméricas condutoras

A partícula polimérica condutora *core shell* (CS) é composta por um núcleo de copolímero acrílico (polímero não condutor) e uma camada de

polianilina (polímero condutor) e foi produzida conforme descrito abaixo.

O copolímero acrílico (núcleo) foi produzido por polimerização em emulsão. Primeiro, a água (418,5 g) e SiO₂ coloidal (16,71 g) foram adicionadas a um reator de vidro encamisado com capacidade de 500 mL, equipado com um agitador mecânico (400 rpm). A temperatura foi controlada e ajustada para 75 °C, por meio de um banho termostático e a atmosfera inerte foi estabelecida por um fluxo contínuo de nitrogênio. Os monômeros MMA (45 g), StySO₃Na (2,5 g) e ácido acrílico (2,5 g) foram adicionados. Após 10 minutos, a reação foi iniciada pela adição de Na₂S₂O₈ (0,125 g) pré-dissolvido em água (3,57 g) no reator. A mesma quantidade foi adicionada por mais três vezes (a cada hora) e deixada por mais uma hora, totalizando 4 horas de reação.

A dispersão de partículas *core shell* foi produzida pela adição de látex (200 g) com teor sólido (fração em massa) de 11%, anilina (20,248 g), água (478,981 g) e NaCl (0,779 g) em um béquer. Uma solução de HCl 1 mol/L foi utilizada para reduzir o pH para 1,5. O persulfato de amônio foi adicionado para oxidação de anilina na proporção em fração em massa de 1,0 : 1,5 (persulfato de amônio/anilina).

O pó condutor elétrico foi finalmente obtido por secagem da dispersão por atomização. Esta secagem foi realizada em um *spray dryer* de bancada Büchi 190 com uma temperatura de entrada de 120 °C e uma temperatura de saída de cerca de 70 °C.

2.3 Caracterização de partículas poliméricas condutoras

O tamanho da partícula do látex (núcleo) foi determinado por espalhamento dinâmico de luz (DLS) em Nano Plus, Micromeritics. As distribuições de tamanho de partícula do PANi comercial e das partículas CS são determinadas por difração a laser em um analisador de tamanho a laser Malvern Mastersizer 2000.

As amostras de pó comercial de PANi e CS foram previamente tratadas sob vácuo a uma temperatura de 80 °C na unidade de preparação de amostras disponível com o analisador de

área superficial Micromeritics Gemini V. A área de superfície específica das partículas foi determinada pelas isotermas de Brunauer, Emmett e Teller (BET).

A condutividade elétrica da PANi comercial e do pó CS foi determinada por espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE). Os pós (0,3 g) foram prensados com o auxílio de um molde cilíndrico de cobre utilizando uma pressão de 780 N/m². Foram obtidos discos alocados entre dois blocos de cobre, conforme apresentado na **Figura 1(a)**. As curvas de impedância foram registradas conectando-se um dos blocos de cobre ao terminal correspondente ao eletrodo de trabalho do potenciostato e o outro bloco de cobre foi conectado ao terminal correspondente ao eletrodo de referência e ao contra-eletrodo. O disco do material prensado foi mantido pressionado (25 kg) durante o teste com o auxílio de um durômetro, como mostra a **Figura 1(b)**. As curvas de impedância foram obtidas em uma faixa de frequência de 0,1 Hz a 10 MHz com um potenciostato AUTOLAB.

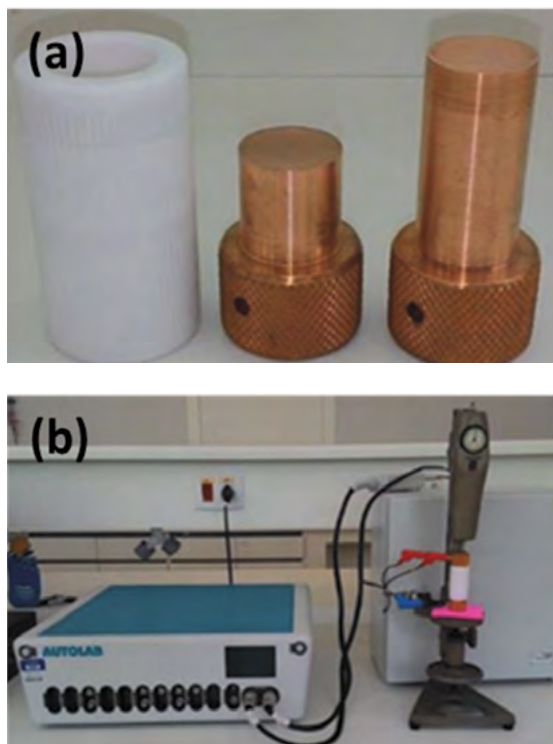


Figura 1 - Esquema de montagem para medições de condutividade elétrica das partículas condutoras por espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE).

A partir de cada curva, determinou-se experimentalmente o valor de Impedância real (Z_{real}) correspondente à frequência constante de 0,1 Hz. Com esse valor e as dimensões dos discos (espessura e diâmetro) os valores de resistividade elétrica e condutividade foram, respectivamente, calculados por meio da **Equação 1** e da **Equação 2**.

$$R = \rho \frac{e}{A} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

Onde: R = resistência elétrica do disco de polímero condutor (Ω); ρ = resistividade do polímero ($\Omega \cdot \text{cm}$); e = espessura do disco (cm); A = área de secção transversal (cm²); σ = condutividade do polímero (S/cm).

Para a caracterização morfológica do pó CS, foi utilizada a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura de Alta Resolução. A aquisição da imagem foi realizada com o equipamento (FEI Quanta 3D) operando no modo *Secondary Electron Imaging* (SEI), sob aceleração de 20 kV e em condição de alto vácuo. As amostras de pó foram colocadas no suporte da amostra com fita de cobre de dupla face e revestidas com filme fino de Au/Pd, por *sputtering*.

2.4. Formulação de TRZs modificadas com partículas poliméricas condutoras

No presente estudo, uma formulação comercial de TRZ foi modificada com substituição parcial de zinco micrométrico por partícula polimérica condutora *core shell* (TRZ CS), de acordo com a **Tabela 1**. A formulação base foi misturada com o pó metálico de zinco e as partículas CS, com o auxílio de um agitador mecânico acoplado a um impelidor do tipo Cowles, com rotação igual a 800 rpm por 20 min. Para a aplicação, é necessário um agente de cura e seu valor é proporcional à quantidade de resina.

Tabela 1 – Formulação de TRZ sem (comercial) e com partículas poliméricas condutoras.

TRZ	Para formulação da tinta líquida			Para aplicação
	Formulação base (%)	Zinco em pó (%)	Partícula polimérica condutora CS (%)	Agente de cura (%)
TRZ comercial	19,3	77,3	-	3,4
TRZ com CS	22,8	72,7	0,19	4,4

2.2. Caracterização das TRZs comercial e modificada

2.2.1 Tinta líquida

A densidade da tinta líquida foi determinada de acordo com a norma ABNT NBR 5829-2014. Os teores de sólidos, zinco e resina teóricos (fração em massa) na tinta líquida foram calculados de acordo com as **Equações 3, 4 e 5**, respectivamente.

$$\text{Teor de zinco (fração de massa)} = \frac{m_{\text{Zn}}}{m_{\text{todos os componentes}}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Teor de resina (fração de massa)} = \frac{m_{\text{resina}}}{m_{\text{todos os componentes}}} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Teor de sólidos (fração de massa)} = \frac{m_{\text{componentes sólidos}}}{m_{\text{todos os componentes}}} \times 100 \quad (5)$$

A condutividade da tinta líquida foi medida utilizando-se um condutivímetro com eletrodo InLab 741-ISM da Mettler Toledo.

2.2.2 Filme seco

O teor de sólidos (fração em massa) do filme seco foi caracterizado de acordo com a norma ISO 3251-2008.

Para os ensaios mecânicos, os substratos de aço foram revestidos com as formulações de TRZs comercial e modificada. O preparo da amostra e o processo de revestimento foram realizados de acordo com a norma brasileira PETROBRAS N-1277:2017. O ensaio de aderência *pull-off* foi realizado de acordo com a norma ASTM D4541-2017; o ensaio de flexão (mandril cônico), de acordo com a ISO 6860:2006; o ensaio de embutimento Erichsen, de acordo com a ABNT NBR 5902-1980; e a resistência ao impacto, de acordo com a ISO 6272-1:2002.

3. Resultados

3.1 Caracterização de partículas poliméricas condutoras e comparação com a PANi comercial

O látex (núcleo utilizado para produzir a partícula CS) apresenta diâmetro médio de 129 nm com índice de polidispersão de 0,035. A **Figura 2** compara o tamanho das partículas de um PANi comercial e as partículas CS; a **Tabela 2**, a área de superfície específica e a condutividade e a **Figura 3**, as fotomicrografias de MEV.

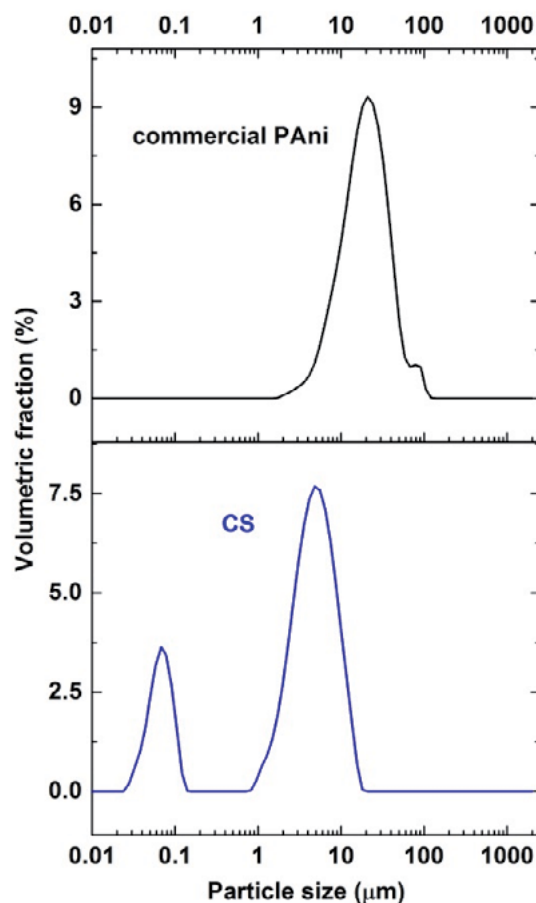


Figura 2 - Distribuição de tamanho de partículas da PANi comercial e das partículas CS por difração a laser. Gráfico de fração volumétrica por tamanho de partículas.

Tabela 2 – Área de superfície específica e condutividade da PANi comercial e das partículas CS

Amostra	Área superficial específica (m ² /g)	Condutividade elétrica (S/cm)
PAni comercial	6,2	6,8×10 ⁻²
CS	10,5	5,4×10 ⁻²

O PAni comercial tem uma distribuição mono-modal de tamanho de partícula com um d_{50} de 21,1 μm . A partícula CS dispersa tem um tamanho de partícula menor, com perfil de distribuição bimodal de tamanho, com d_{50} de 4,2 μm . O

menor tamanho das partículas CS pode estar relacionado à sua maior área de superfície. As partículas de CS apresentam condutividade elétrica da mesma ordem de grandeza que as PAni comerciais, ou seja, apresentam também uma boa condutividade, atribuída a uma camada promissora formada por polianilina (sal de emeraldina – polímero condutor) ao redor do núcleo de látex (polímero não condutor). As micrografias de MEV de ambos os pós estão de acordo com a análise granulométrica (**Figura 3**). É possível observar que a PAni comercial

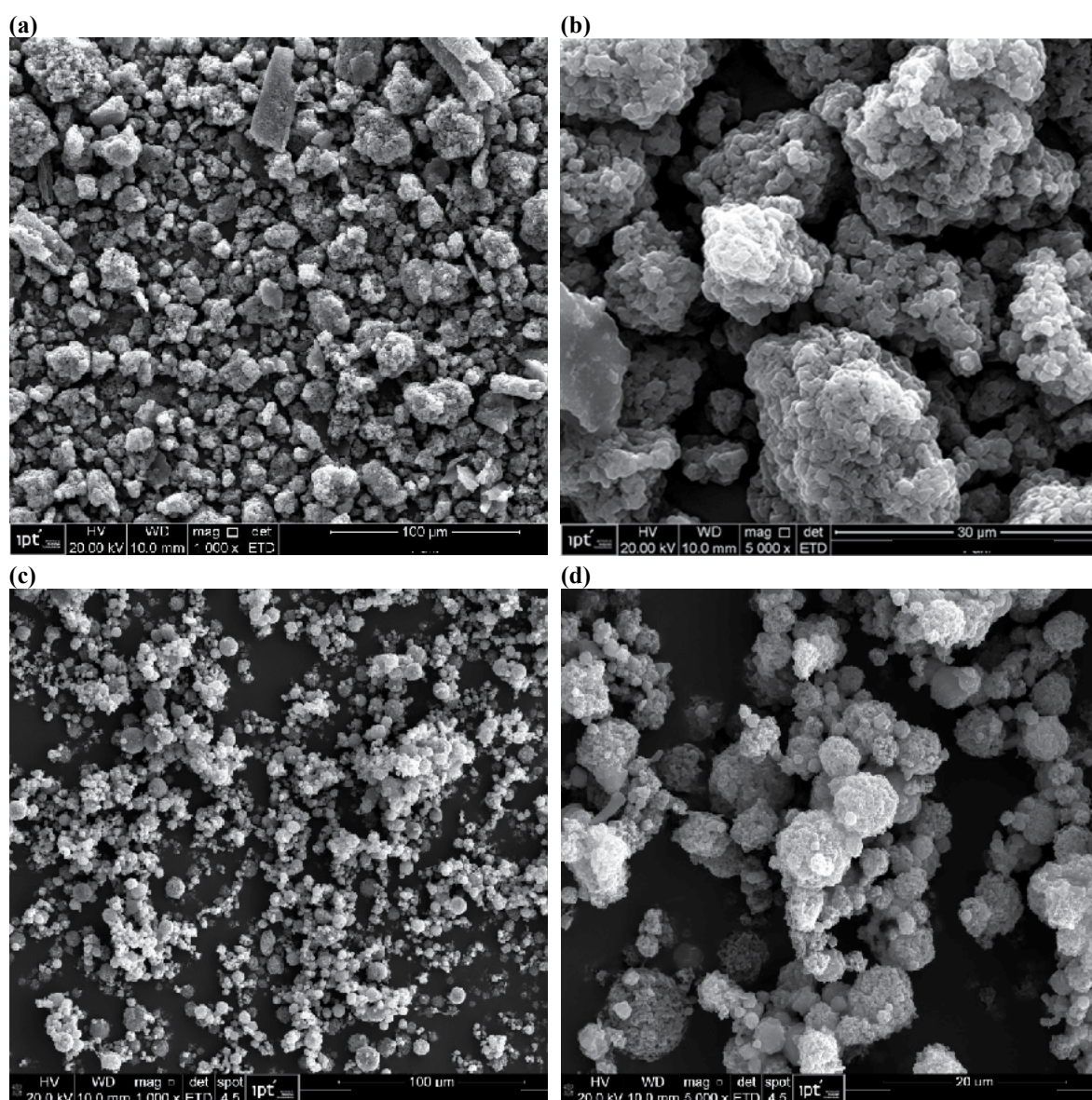


Figura 3 - Microfotografias de MEV de partículas comerciais de PAni (a) 1000 X e (b) 5000 X; e CS após secagem em spray dryer (c) 1000 X e (d) 5000 X.

possui partículas maiores, mais aglomeradas e menos esféricas do que as partículas CS, mas ambas possuem a mesma aparência rugosa superficial, característica da polianilina.

3.2. Caracterização da TRZ comercial e modificada

As características das TRZs comerciais e modificadas com CS são apresentadas na **Tabela 3**. A nova formulação possui maior concentração de resina do que a comercial, além da incorporação de partículas condutoras poliméricas *core shell*. A TRZ CS, como esperado, tem menor teor de zinco e menor teor de sólidos totais (fração em massa) tanto na tinta líquida, quanto na película seca. A diminuição da concentração de zinco da nova formulação reduziu a densidade da tinta, mas não afetou sua condutividade elétrica (mesma ordem de grandeza), devido à presença de partículas condutoras poliméricas.

A **Figura 4** apresenta os resultados dos ensaios escolhidos para comparar as propriedades mecânicas das TRZs comerciais e modificadas.

Para o ensaio de aderência *pull-off* (**Figura 4(a)**), observa-se que ambos os filmes apresentaram uma falha coesa (100B), mas a TRZ com CS (14,14 MPa) apresenta um aumento de 60 % em relação à TRZ comercial (8,83 MPa). No teste de flexão em mandril cônico (**Figura 4(b)**), a TRZ com CS (4,91 %) também apresenta um aumento no alongamento final em relação à TRZ comercial (3,79 %).

O ensaio de embutimento Erichsen, **Figura 4(c)**, foi feito para se observar o grau de

acomodação que o filme de tinta seca (película seca) pode suportar, devido à leve deformação do substrato metálico, avaliando a deformação e a adesão da película seca. A TRZ com CS (0,75 mm) apresenta um aumento de 159 % na profundidade de indentação em relação à TRZ comercial (0,29 mm).

O teste de impacto direto, **Figura 4(d)**, foi realizado para avaliar a capacidade do filme de película seca sobre o substrato metálico de se acomodar através de uma deformação rápida. A TRZ modificada (12,5 kgf.cm) exibe uma resistência ao impacto maior do que a TRZ comercial (1 kgf.cm), o que representa um aumento de 1150 %.

Os resultados dos ensaios mecânicos revelam que a modificação na formulação de TRZ comercial (incorporação de uma partícula condutora polimérica *core shell* e aumento da concentração de resina) melhora as propriedades adesivas e coesivas da película seca, resultando em maior flexibilidade e maior tenacidade do revestimento (capacidade de absorver mais energia durante o impacto).

Conclusões

A nova formulação de TRZ permitiu obter uma tinta com redução do teor de zinco por meio da adição de partículas condutoras alternativas e poliméricas e do aumento da concentração de resina. Ambos os fatores foram responsáveis pela melhora das propriedades mecânicas da película seca, coesão no filme e adesão entre o filme e o substrato metálico. A melhoria das propriedades mecânicas não comprometeu a

Tabela 3 - Características da tinta líquida e da película seca de TRZ

TRZ	Características da tinta líquida					Características da película seca
	Valor teórico			Valor experimental		Valor experimental
	Resina	Zn	Sólidos em massa	Densidade (g/cm)	Condutividade (S/cm)	Teor de sólidos
	(Fração em massa, %)					(Fração em massa, %)
Comercial	6,8	77,3	87,5	3,1	$3,2 \times 10^7$	91,5
Com CS	8,6	72,7	85,0	2,7	$4,1 \times 10^7$	88,1

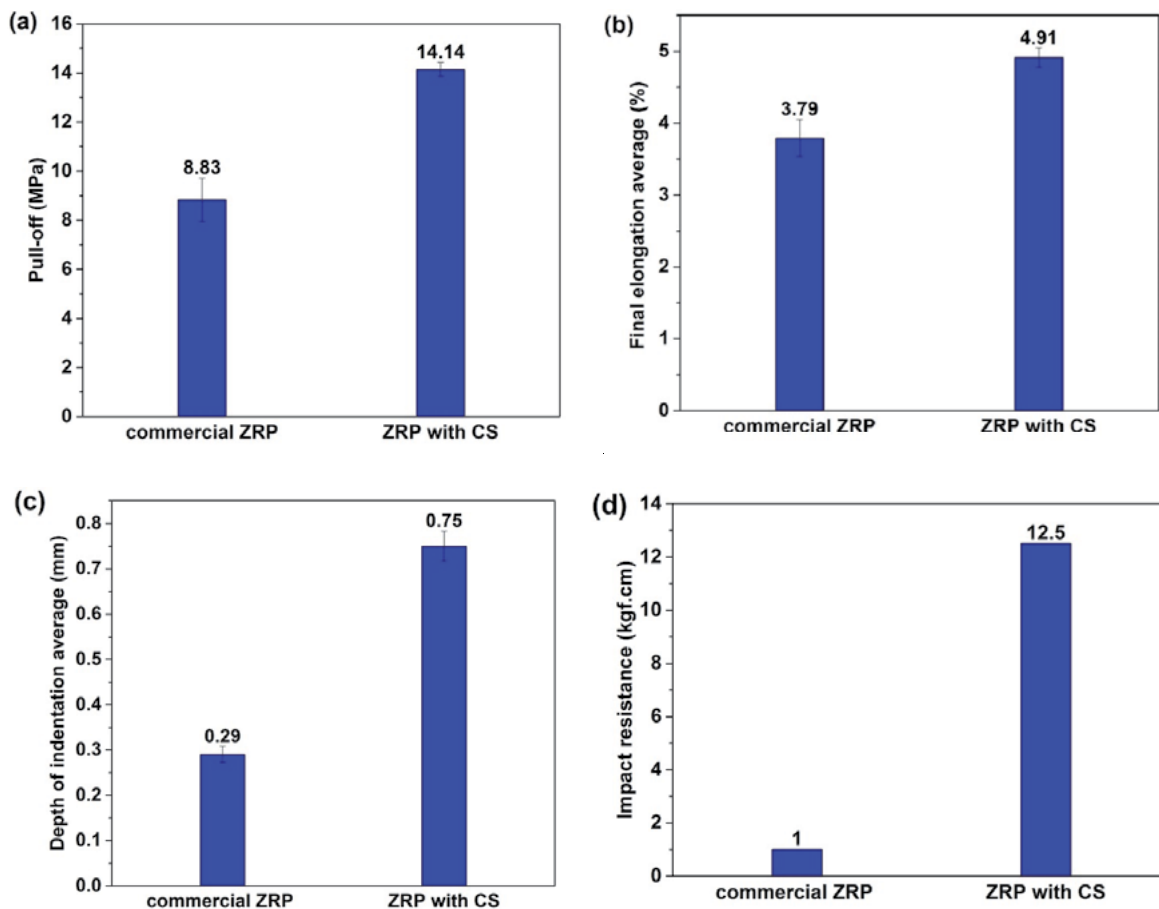


Figura 4 - Propriedades mecânicas da TRZ comercial e modificada: (a) ensaio de aderência pull-off, (b) ensaio de dobramento em mandril cônico, (c) ensaio de embutimento Erichsen e (d) resistência ao impacto

condutividade elétrica revestimento devido à presença de partículas poliméricas condutoras, responsáveis por estabelecer e manter o contato elétrico entre as partículas de zinco no revestimento.

Referências

- (1) Nace International Impact <http://impact.nace.org/executive-summary.aspx>.
- (2) Sørensen, P. A.; Kiil, S.; Dam-Johansen, K.; Weinell, C. E. Revestimentos anticorrosivos: Uma revisão. *J. Revestimentos Technol.* **2009**, 6 (2), 135-176. <https://doi.org/10.1007/s11998-008-9144-2>.
- (3) Fragata, F. L.; Sebrao, M. Z.; Serra, E. T. Influência Da Granulometria e Do Teor de Zinco Metálico No Desempenho Das Tintas "Ricas" Em Zinco. **1987**, No. 1.
- (4) Kalendová, A. Efeitos dos tamanhos e formas de partículas de zinco metálico nas propriedades de revestimentos anticorrosivos. *Prog. Org. Coatings* **2003**, 46 (4), 324-332. [https://doi.org/10.1016/S0300-9440\(03\)00022-5](https://doi.org/10.1016/S0300-9440(03)00022-5).
- (5) Marchebois, H.; Savall, C.; Bernardo, J.; Touzain, S. Comportamento eletroquímico de revestimentos em pó

ricos em zinco em água do mar artificial. *Eletrochim. Acta* **2004**, 49 (17-18), 2945-2954. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2004.01.053>.

- (6) Shirehjini, F. T.; Danaee, I.; Eskandari, H.; Zarei, D. Efeito da argila nano na proteção contra corrosão de revestimentos epóxi ricos em zinco em aço 37. *J. Mater. Sci. Technol.* **2016**, 32 (11), 1152-1160. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2016.08.017>.
- (7) Feliu, S.; Barajas, R.; Bastidas, J. M.; Morcillo, M. Mecanismo de Proteção Catódica de Tintas Ricas em Zinco por Espectroscopia de Impedância Eletroquímica. I. Estágio Galvânico. *J. Revestimentos Technol.* **1989**, 61 (775), 63-69.
- (8) Júnior, S. O. P.; Almeida, N. L. de. *ZINCO*. **2013**, 644-651.
- (9) Kohl, M.; Kalendová, A.; Boidin, R.; N-mec, P. O Efeito de Calcogênios Amorfo nas Propriedades Mecânicas e Anticorrosivas de Revestimentos Orgânicos Protetores Contendo Altas Quantidades de Partículas de Zinco Metálico. *Prog. Org. Coatings* **2014**, 77 (9), 1369-1375. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2014.04.029>.
- (10) Gergely, A.; Pászti, Z.; Bertóti, I.; Török, T.; Mihály, J.; Kálmán, E. Novos revestimentos de tinta epóxi ricos em zinco com alumina hidratada e nanotubos de carbono suportados polipirrol para proteção contra corrosão de aço de baixo carbono: Parte II: Comportamento de prevenção de corrosão

dos revestimentos de tinta híbrida. *Mater. Corros.* **2013**, 64 (12), 1091–1103. <https://doi.org/10.1002/maco.201206707>.

(11) Gergely, A.; Pászti, Z.; Mihály, J.; Drotár, E.; Török, T. Função galvânica de revestimentos ricos em zinco facilitada pela estrutura percolante dos nanotubos de carbono. Parte I: Caracterização das Partículas de Nano-Tamanho. *Prog. Org. Coatings* **2015**, 78, 437–445. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2013.09.016>.

(12) Gergely, A.; Pászti, Z.; Mihály, J.; Drotár, E.; Török, T. Função galvânica de revestimentos ricos em zinco facilitada pela estrutura percolante dos nanotubos de carbono. Parte II: Propriedades de Proteção e Mecanismo dos Revestimentos Híbridos. *Prog. Org. Coatings* **2014**, 77 (2), 412–424. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2013.11.004>.

(13) Kalendová, A.; Veselý, D.; Stejskal, J. Revestimentos orgânicos contendo polianilina e pigmentos inorgânicos como inibidores de corrosão. *Prog. Org. Coatings* **2008**, 62 (1), 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2007.10.001>.

(14) Boeva, Z. A.; Sergeyev, V. G. Polianilina: Síntese, Propriedades e Aplicação. *Sci. Ser. C* **2014**, 56 (1), 144–153. <https://doi.org/10.1134/S1811238214010032>.

(15) Trchov, M.; Oliveira, J.; Bl, M. Polianilina : Oxidação de anilina com oxidantes fortes e fracos sob acidez diversa. **2017**, 194, 206–218. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2017.03.028>.

(16) Ćirić-Marjanović, G. Avanços Recentes na Pesquisa em Polianilina: Mecanismos de Polimerização, Aspectos Estruturais, Propriedades e Aplicações. *Synth. Conhec.* **2013**, 177 (3), 1–47. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2013.06.004>.

(17) Bhadra, S.; Khastgir, D.; Singha, N. K.; Hee, J. Progresso na Preparação, Processamento e Aplicações de Polianilina. **2009**, 34, 783–810. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.04.003>.

(18) Varakirkkulchai, P.; Kongparakul, S.; Prasassarakich, P. Polianilina/Poliacrilato Core-Compósitos de Concha: Preparação, Morfologia e Propriedades Anticorrosivas. *Prog. Org. Coatings* **2015**, 85, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2015.03.011>.

(19) Chani, M. T. S.; Karimov, K. S.; Oliveira, F. A.; Moiz, S. A. Sensores de Umidade de Impedância à Base de Polianilina. *Sci de estado sólido*. **2013**, 18 (12), 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2013.01.005>.

FROM SPEC TO PROTECT

INTEGRIDADE DE SEUS ATIVOS SEGURANÇA EM SUAS INSTALAÇÕES

SALVE VIDAS



O PERIGO INVISÍVEL



PROTEJA ATIVOS



**SHERWIN
WILLIAMS®**

Jotatemp | 250

Benefícios

para proprietários e aplicadores



TOLERANTE
A
SUPERFÍCIE



DESENVOLVIDO
PARA
SUPPORTAR
STEAM-OUT



REDUZ O RISCO
DE CORROSÃO
SOB
ISOLAMENTO
(CUI)



ALTO SÓLIDOS
POR VOLUME
70%



PARA
TEMPERATURAS
CRIOGÊNICAS DE
-196C ATÉ 250C
EM AÇO
CARBONO



USO EM
CONDIÇÕES
ATMOSFÉRICAS
OU SOB
ISOLAMENTO



EXCELENTE
FORMAÇÃO DO
FILME COM ROLO
E TRINCHA

Proteção e economia

Se você somente precisa de 50°C a mais, por que pagar por 650°C? Nosso exclusivo revestimento te proporcionará um desempenho de serviço completo em temperaturas criogênicas até 250°C, sem a necessidade de materiais superdimensionados.



Desde 1961

TINÔCO
ANTICORROSÃO

**RECORDES EM PROTEÇÃO
ANTICORROSIVA DE
FLANGES E VÁLVULAS**

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



TRANSPETRO - ARCEL (SUZANO)

7 ANOS E 9 MESES

(2012 - 2020)
C5 Corrosividade Muito Alta
ISO 12944-9:2018



PETROBRAS - RLAM (Refinaria
Landulpho Alves-Mataripe)

6 ANOS

(2014 - 2020)
CX Corrosividade Extrema
ISO 12944-9:2018



BRASKEM - PE 2 / Polo Petroquímico
do Camaçari - Bahia

5 ANOS

(2015 - 2020)
CX Corrosividade Extrema
ISO 12944-9:2018

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



**Revestimento Expansivo que propicia barreira térmica
e evita Corrosão Sob Isolamento. Conheça o Belzona 5871:**

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

comercial@hita.com.br | www.hita.com.br

HITA
COMÉRCIO E SERVIÇOS

BELZONA
INSULPASTES E PRODUTOS
DISTRIBUIDOR AUTORIZADO

TECNOLOGIA E CONFIANÇA QUE SUPERAM A FORÇA DO TEMPO *para um futuro sustentável*

REVESTIMENTOS INTELIGENTES PARA:

-  Áreas industriais, pisos, manutenção e estruturas
-  Ambientes com alta agressividade
-  Revestimentos com proteção e estética combinados



41. 3341.3400
linkedin.com/company/rennercoatings

Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira, 12453 - CIC - Curitiba/PR
contato@rennercoatings.com



Conheça a Advance

A Advance Tintas e Vernizes, atua há 29 anos no segmento de tintas industriais anticorrosivas de alto desempenho. Estamos em constante aprimoramento e desenvolvimento de novas tecnologias de pintura, considerando as mais rígidas normas do mercado, contando com uma equipe qualificada e laboratórios com equipamentos inovadores que asseguram a excelência dos produtos.

Linhas

- Epóxis
- Alquídicos - secagem rápida
- Poliuretanos
- Acrílicos
- Alta temperatura
- Normatizados
- Linhas Especiais

Tintas de alta proteção anticorrosiva, que atendem as normas exigidas pela **Petrobras**, seguindo os mais rígidos padrões de qualidade.

Produtos certificados com laudo técnico, para atender prontamente as Normas e Regulamentações do mercado.

A Advance Tintas possui uma linha completa de produtos anticorrosivos e industrial, para os mais diversos segmentos, tais como:

- Açúcar e Alcool
- Aplicadores
- Engenharia & Projetos
- Energia Elétrica
- Telecomunicações
- Estruturas Metálicas
- Fertilizantes
- Hospitais & Clínicas
- Implementos
- Agrícolas
- Indústria Alimentícia
- Indústria
- Farmacêutica
- Indústria Química
- Indústria Têxtil
- Metal / Mecânica
- Siderúrgicas
- Frotas
- Transformadores
- Transportes e Outros




Advance Tintas e Vernizes Ltda. | Rua Alberto Galvão, 409
Distrito Industrial João Nery | Indaial/SC - SP
Telefone: (19) 3936-9552 | Site: www.advancetintas.com.br



HEMPEL

Trust is earned

Soluções de Revestimento Confiáveis para as indústrias de Petróleo e Gás, Infraestrutura e Energia Eólica.

-  Sistema de zinco ativado com PU repelente à água
-  Revestimentos de tanque para todas as suas necessidades
-  Prevenindo a CUI com as soluções avançadas





EMPRESAS ASSOCIADAS

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

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

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

APERAM
www.brasil.aperam.com

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

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

COVESTRO INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE POLÍMEROS LTDA
www.covestro.com

DE NORA DO BRASIL LTDA.
www.denora.com

DEEPWATER DO BRASIL ENGENHARIA LTDA.
www.stoprust.com

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

G P NÍQUEL DURO LTDA.
www.grupogp.net

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

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

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

INSTITUTO SENAI DE INOVAÇÃO
EM ELETROQUÍMICA – ISI – EQC
www.senaipr.org.br/tecnologiaeinovacao/nossarede/eletroquimica/

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TECNOFINK LTDA.
tecnofink.com

TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.
www.tinocoanticorrosao.com.br

W&S SAURA LTDA.
wsequipamentos.com.br

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

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



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

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

(21) 2516-1962 • www.abraco.org.br

Facebook: facebook.com/abraco.official

LinkedIn: linkedin.com/in/abraco

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

Youtube: Associação Brasileira de Corrosão

SETORES

Associados: secretaria@abraco.org.br

Biblioteca: biblioteca@abraco.org.br

CB-43: cb43@abraco.org.br

Comunicação: marketing@abraco.org.br

Eventos: eventos@abraco.org.br

Financeiro: financeiro@abraco.org.br

Gerência Geral: gerenciageral@abraco.org.br

Presidência: presidencia@abraco.org

Qualificação e Certificação: qualificacao@abraco.org.br

Treinamentos: cursos@abraco.org.br