cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Aprimoramento Anticorrosivo de Aço Carbono Pintado, em meio salino, Utilizando Promotores de Adesão com Efeito *Self-Healing*

Antonio L.A. Macedo[1], Antonio V.C. Braga[12], Ana Laura D.M.Campista[3], Ladimir J. Carvalho[3],Lilian F. Senna[1]
[1]LEC/IQ/UERJ; [2] Worley Engenharia; [3] EQ/UFRJ

Introdução:

Revestimentos de conversão e promotores de adesão podem ser utilizados para aprimorar a adesão de revestimentos de tintas e resinas sobre metais. Os pré-tratamentos à base de silanos são uma alternativa mais sustentável para essa finalidade, principalmente quando associados a inibidores de corrosão “verdes”, conferindo a esses sistemas propriedades de autocura.

Objetivo:

Avaliar o efeito da adição de um inibidor de corrosão “verde” ao sol de silano em sistemas anticorrosivos compostos por resina epóxi/promotores de adesão à base de silano/aço carbono expostos a meio salino.

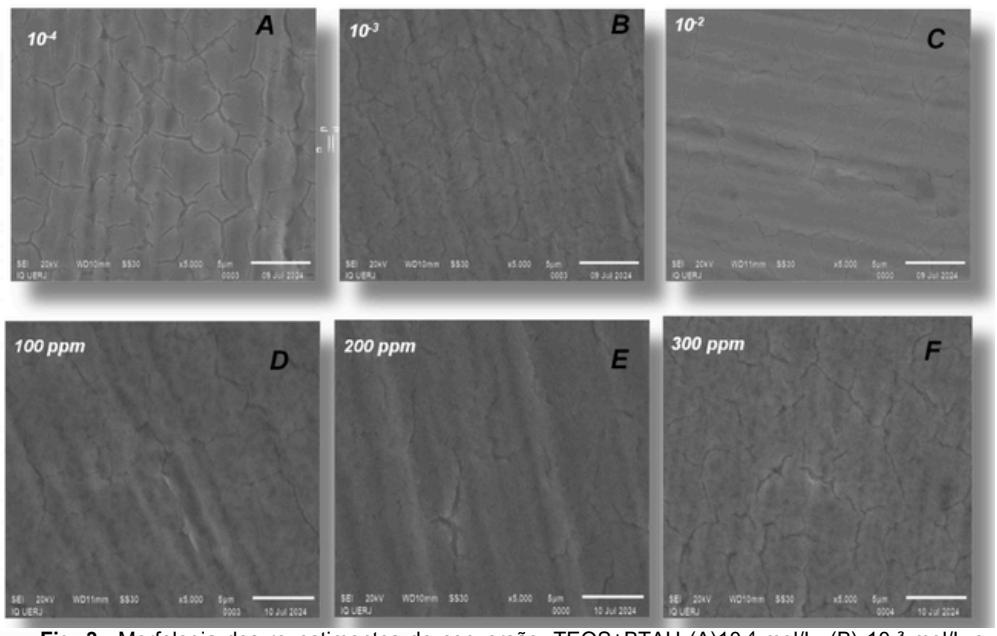


Fig. 3– Morfologia dos revestimentos de conversão: TEOS+BTAH (A)10^{-4} mol/L, (B) 10^{-3} mol/L e (C) 10^{-2} mol/L; TEOS+LSU (D) 100 ppm, (E) 200 ppm e (F) 300 ppm (Ampliação: 5000 x)

Metodologia:

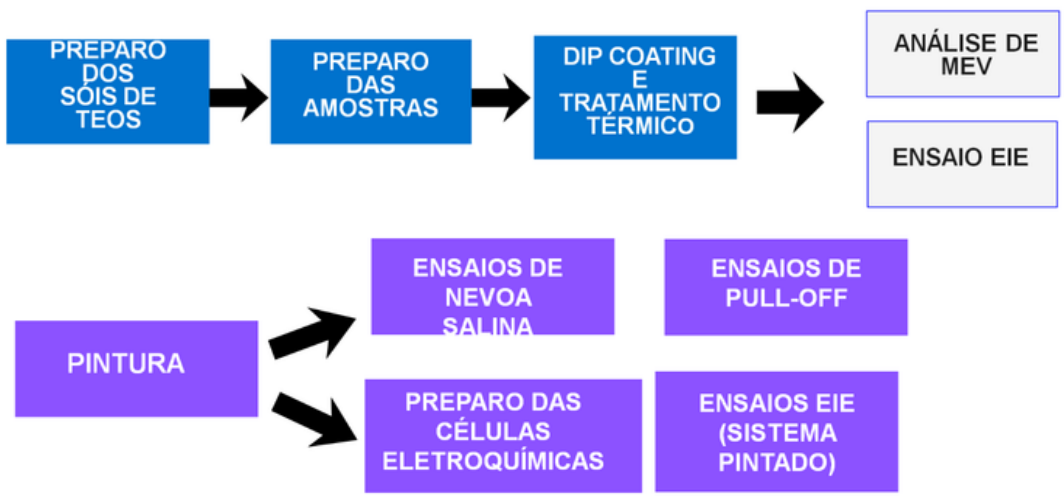


Fig. 1 – Diagrama de blocos das etapas desenvolvidas no trabalho

PREPARAÇÃO PARA PINTURA E CARACTERIZAÇÃO



Fig. 2: Etapas do procedimento para preparação da superfície com o promotor de adesão para a pintura e posterior caracterização

CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS PROMOTORES DE ADESÃO + PINTURA

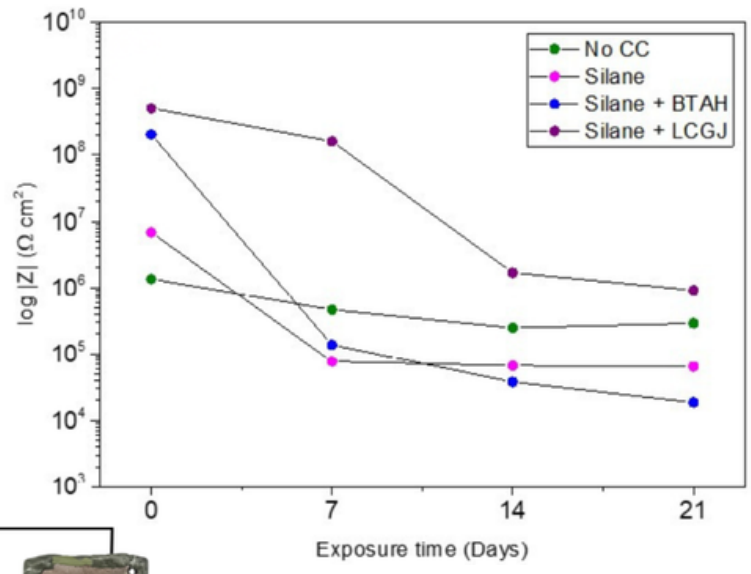
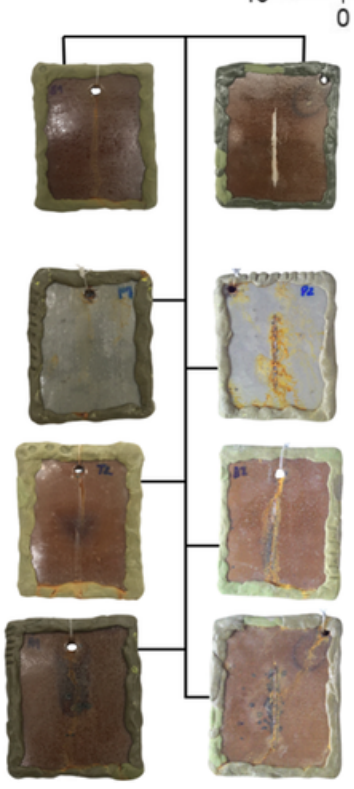


Fig. 4 volução do |Z| com o tempo de imersão do substrato metalico revestidos com os promotores de adesão em NaCL 3,5% mv



- **Fig. 5 – Ensaio de névoa salina usando a Norma ASMT-B-117:** Concentração da Nebulização da Nevoa de 5% m/v de NaCl; pH entre 6,5 a 7;
- Tempo de Duração: 720h ou 4 semanas

Sistema de Pinturas	Tensão na Ruptura (0h) Mpa	Natureza da Falha	Tensão na Ruptura (720h) Mpa	Natureza da Falha
Branco	71.6	COESIVA	**50**	COESIVA
	46.6	C		A
TEOS	**43.3**	ADESIVA	*	*
	*	B/C		
TEOS + BTAH	**41.6**	ADESIVA	**36.8**	ADESIVA
	32.2	B/C		B/C
TEOS + LSU	51.5	ADESIVA	*	*
	52.1	B/C		

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de Pull-Off das amostras convertidas e pintadas antes e após o ensaio de Névoa Salina

Resultados e Discussão:

SELEÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PINTURA

Amostras	Ro (Ω)	Rct (Ω*cm²)	Cdl (F/cm²)	x^2	Circuito
TEOS	5.77	459.8	2.466E-04	0.0177	[R(RQ)(RQ)]
TEOS + BTAH 10^{-4}	5.21	985.3	9.54E-04	0.0222	[R(RQ)(RQ)]
TEOS + BTAH 10^{-3}	5.9	1997.1	4.57E-04	0.0476	[R(RQ)(RQ)]
TEOS + BTAH 10^{-2}	6.71	**2035.1**	**5.89E-05**	0.0152	**[R(RQ)(RQ)]**
TEOS + LSU 100 ppm	8.75	654.7	1.08E-03	0.0324	[R(RQ)(RQ)]
TEOS + LSU 200 ppm	6.44	**1674.4**	**5.73E-04**	0.0703	**[R(RQ)(RQ)]**
TEOS + LSU 300 ppm	5.85	639.8	1.01E-02	0.0528	[R([R(RQ)]Q)]

Tabela 1 – Resultado das simulações dos dados de EIE

Névoa Salina: Avanço da Corrosão						
Sistemas	*Branco (m²)*	*TEOS (m²)*	*TEOS + BTAH (m²)*		*TEOS + LSU (m²)*	
0h	4.25E-05	3.86E-05	3.39E-05	3.29E-05	4.19E-05	4.91E-05
1º semana	9.15E-05	2.65E-04	4.24E-04	2.79E-04	2.63E-04	2.55E-04
Avanço (%)	46%	14%	8%	11%	16%	19%
2º semana	1.37E-04	4.09E-04	2.40E-04	3.65E-04	3.40E-04	3.15E-04
Avanço (%)	66%	64%	78%	76%	77%	80%
3º semana	1.89E-04	4.78E-04	2.89E-04	4.28E-04	3.90E-04	3.67E-04
Avanço (%)	72%	85%	83%	85%	87%	85%
4º semana	2.52E-04	6.12E-04	2.94E-04	4.85E-04	3.98E-04	4.05E-04
Avanço (%)	74%	78%	98%	88%	97%	90%

Tabela 3 – Avanço da corrosão na incisão (%) ao longo de 4 semanas de névoa salina

Referências e Agradecimentos:

1. BRAGA, A. V. C.; DO LAGO, D. C. B.; PIMENTA, A. R.; SENNA, L. F. The influence of heat treatment of inorganic conversion coatings produced by sol-gel dip coating on the anticorrosive properties of alumina films deposited on steel substrate – Part I: Single conversion coatings. Surface and Coatings Technology, v. 372, p. 190–200, 2019.
2. PEREIRA, C.M.S; SILVA, G.F.; DINIZ, M.G; SILVA, C.S.; BRAGA, A.V.C.; SENNA, L.F; Efeito da preparação do substrato e do revestimento de conversão na resistência à corrosão em solução Ringer de aço inoxidável 304L revestido com filme de alumina.
3. SILVA JUNIOR, J.C.S; PIMENTA, A.R.; de FREITAS, R. P., do LAGO, D.C.B; SENNA, L.F; AMT/APS Multilayered Films as Adherence Promoters for Epoxy Coatings on Carbon Steel—Part I: Influence of Curing Conditions on Anticorrosive Properties of AMT/APS Films in Saline Medium. Journal of Materials Engineering and Performance, Volume 30, pages 2482–2503, 2021.

Conclusão:

- A adição dos inibidores BTAH e LSU no sol do silano TEOS aprimorou a proteção anticorrosiva do sistema em meio salino, apresentando elevados valores de Rct (2035 Ω cm² e 1674 Ω cm², respectivamente).
- A presença do inibidor “verde” LSU contribuiu também para a melhoria das propriedades adesivas do sistema revestimento orgânico/promotor de adesão/aço carbono.
- Da 2º semana de exposição à névoa salina, até o final do ensaio, houve um retardamento do avanço da corrosão por área nas amostras com inibidor “verde’’ (de 5% a 10%) comparado ao início do ensaio.

LABORATÓRIO DE ELETROQUÍMICA E CORROSÃO — LEC —
PPG-EQ
CNPq
UFRJ
FAPERJ
UERJ