



Congresso Internacional de Pintura e
Revestimentos Anticorrosivos



Inibidores de *flash rust* no tratamento de superfície via métodos úmidos

Jeferson L. de Oliveira – Eduardo Siqueira – Joaquim Quintela
(CENPES-PETROBRAS)



Métodos úmidos no preparo de superfície



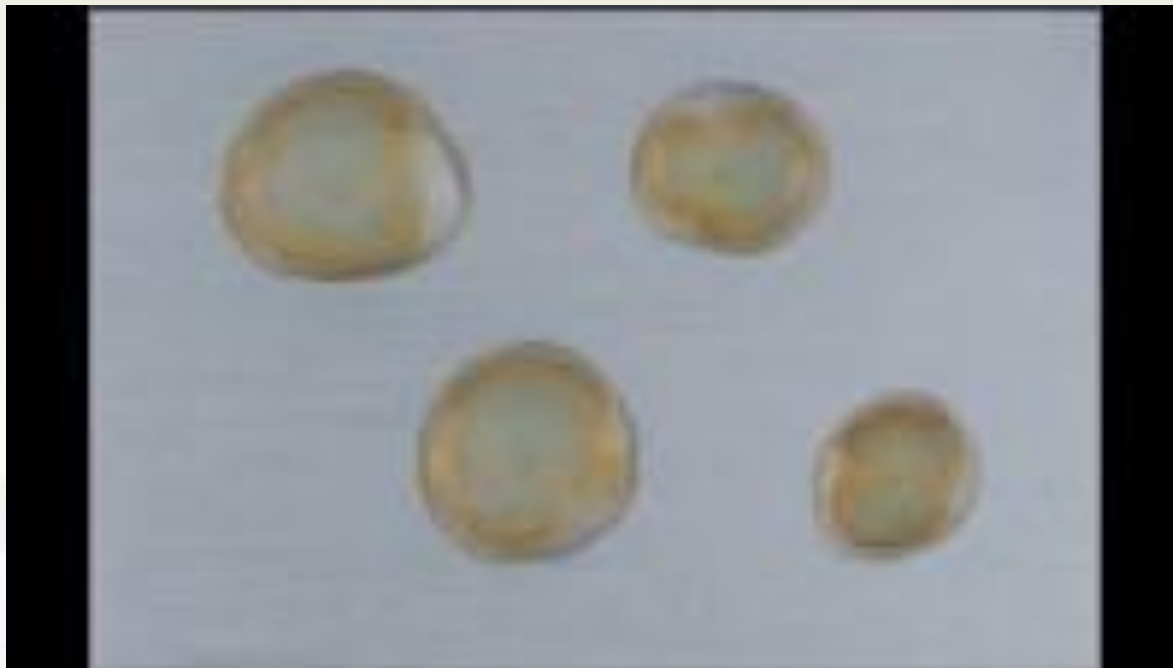
Fig. 1 - (a) Hidrojateamento UHP e (b) Jateamento abrasivo úmido (*realizando brush off*)

Métodos úmidos no preparo de superfície



Fig. 2 - Hidrojateamento UAP (a) na construção e (b) na manutenção de unidades *offshore*

Ocorrência de *flash rust*



Vídeo: Ocorrência de *flash rust* em gotas de água sobre aço carbono ativado em 4h 40 min

Ocorrência de *flash rust*

1ª etapa: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

2ª etapa: $4\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{FeO(OH)} + 8\text{H}^+$

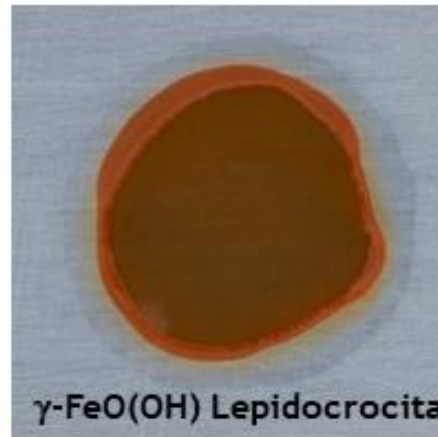
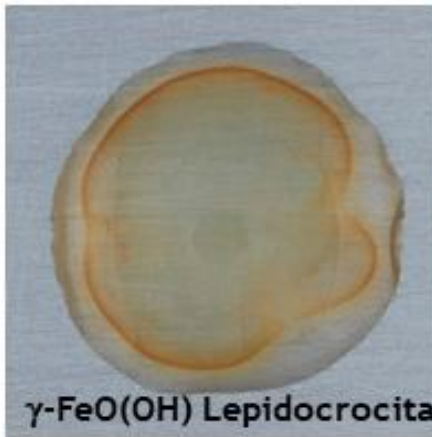


Fig. 3 - Oxidação do ferro (aço) a γ -lepidocrocita

Ocorrência de *flash rust*



Fig. 4 - Ocorrência de *flash rust* em pisos

Ocorrência de *flash rust*

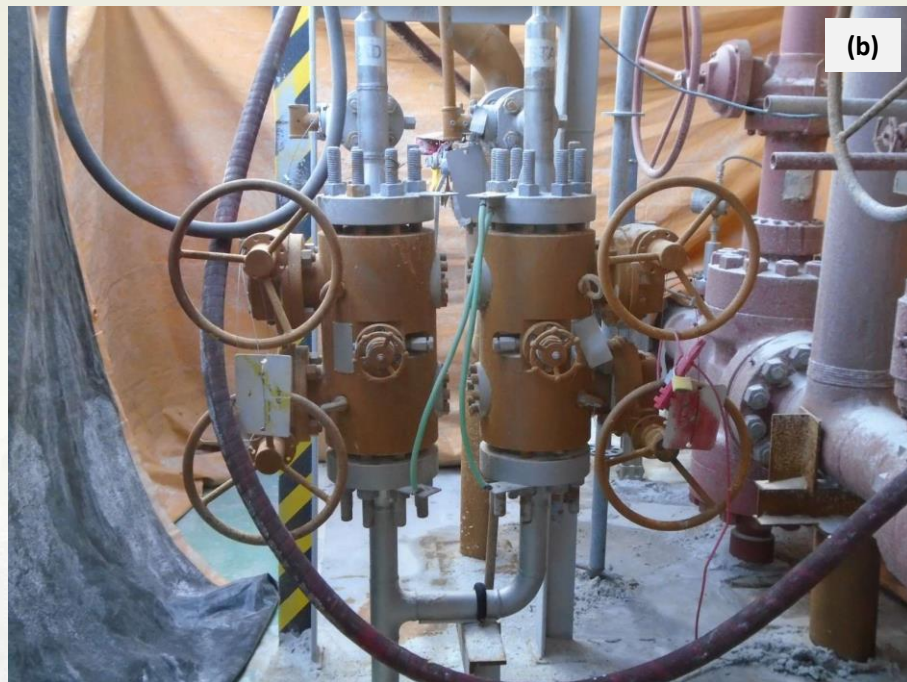


Fig. 5 - Ocorrência de *flash rust* em (a) base de estrutura e (b) volantes e acionadores de válvulas

Aplicação de revestimento sobre *flash rust*



Fig. 6 - (a) Teste qualitativo de classificação do grau de *flash rust* e (b) pintura sobre *flash rust*

Aplicação de revestimento sobre *flash rust*

Pull-off - ASTM D4541

(a)



Aço AISI 1020

A Sa 2½ - 95 µm

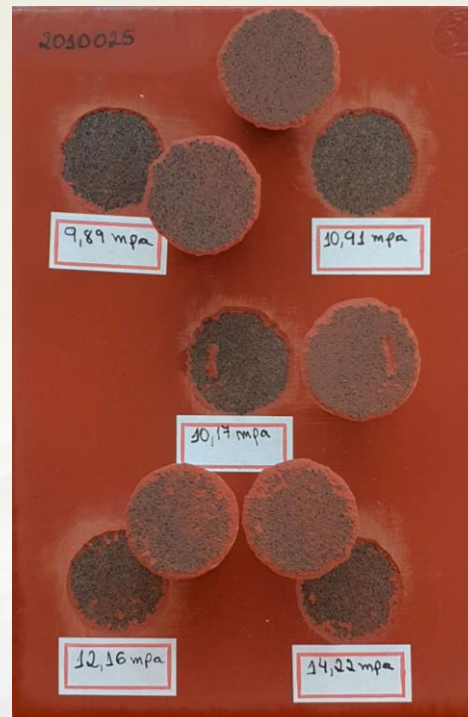
N-2680 443 µm (3 demãos)

Cura por 7 dias @ 25 °C

Pull-off

17,8 MPa (falha coesiva)

(b)



Aço AISI 1020

Flash rust moderado

N-2680 445 µm (3 demãos)

Cura por 7 dias @ 25 °C

Pull-off

11,5 MPa (falha adesiva)

Fig. 7 - Teste de tração por *pull-off* de revestimento epóxi sobre (a) Sa 2½ e (b) *flash rust*

Aplicação de revestimento sobre *flash rust*

Pull-off - ASTM D4541

Aço AISI 1020
Flash rust moderado
N-2943 (Anexo A) 525 μm
(demão única)
Cura por 7 dias @ 25 °C

Pull-off
11,5 MPa (falha coesiva)

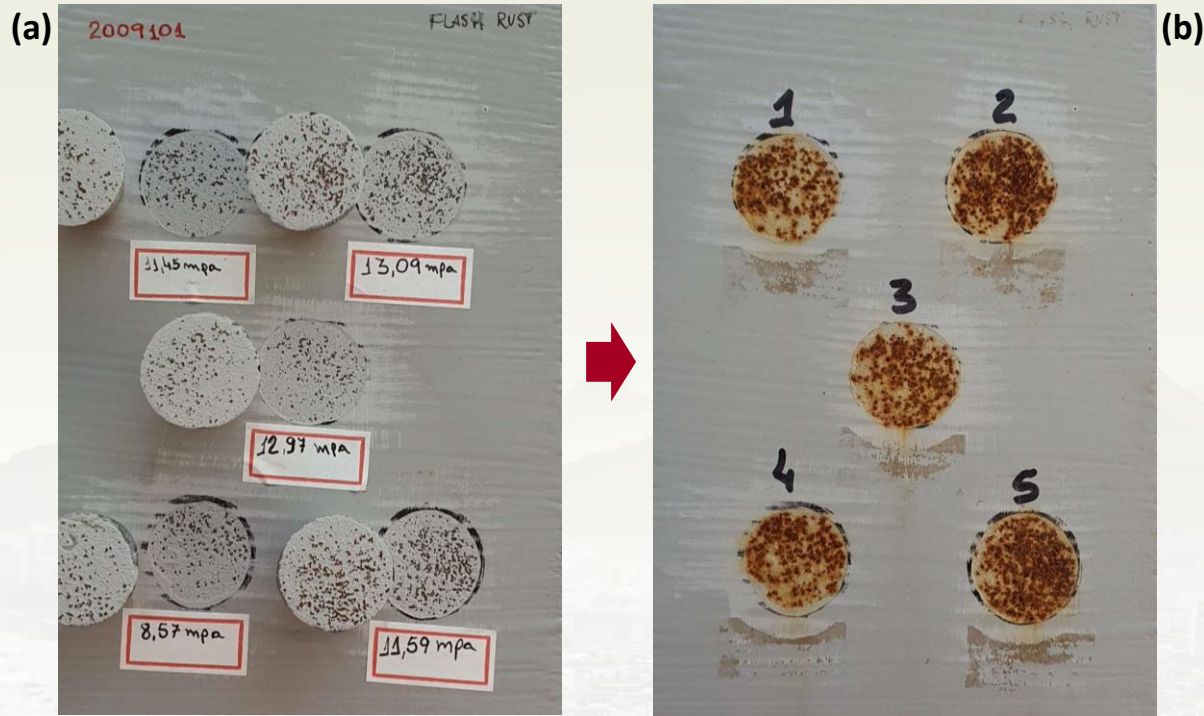


Fig. 8 - Teste de tração por *pull-off* de revestimento epóxi sobre flash rust (a) inicial e (b) após 1 mês no intemperismo

Aplicação de revestimento sobre *flash rust*

Célula Atlas - ASTM D6943

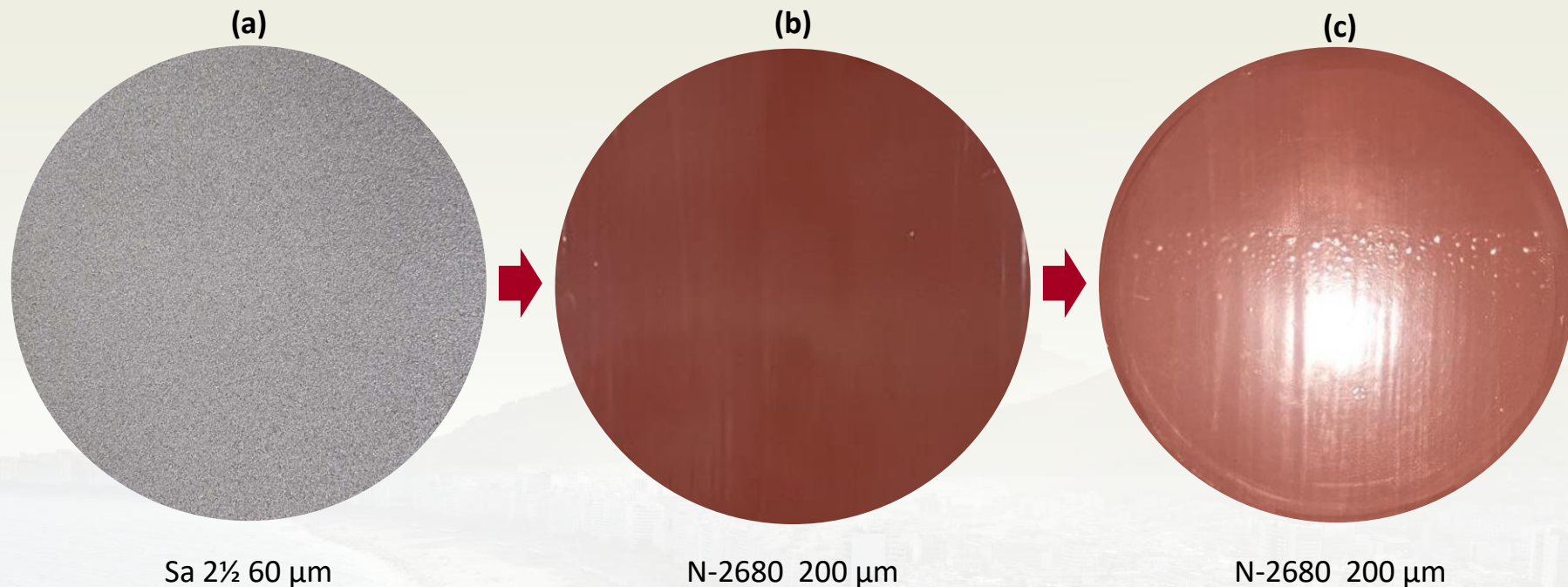


Fig. 9 - Ensaio de imersão em água @ 40 °C – Inspeção (a) Sa 2½, (b) inicial e (c) após 1500 h (9 semanas)

Aplicação de revestimento sobre *flash rust*

Célula Atlas - ASTM D6943

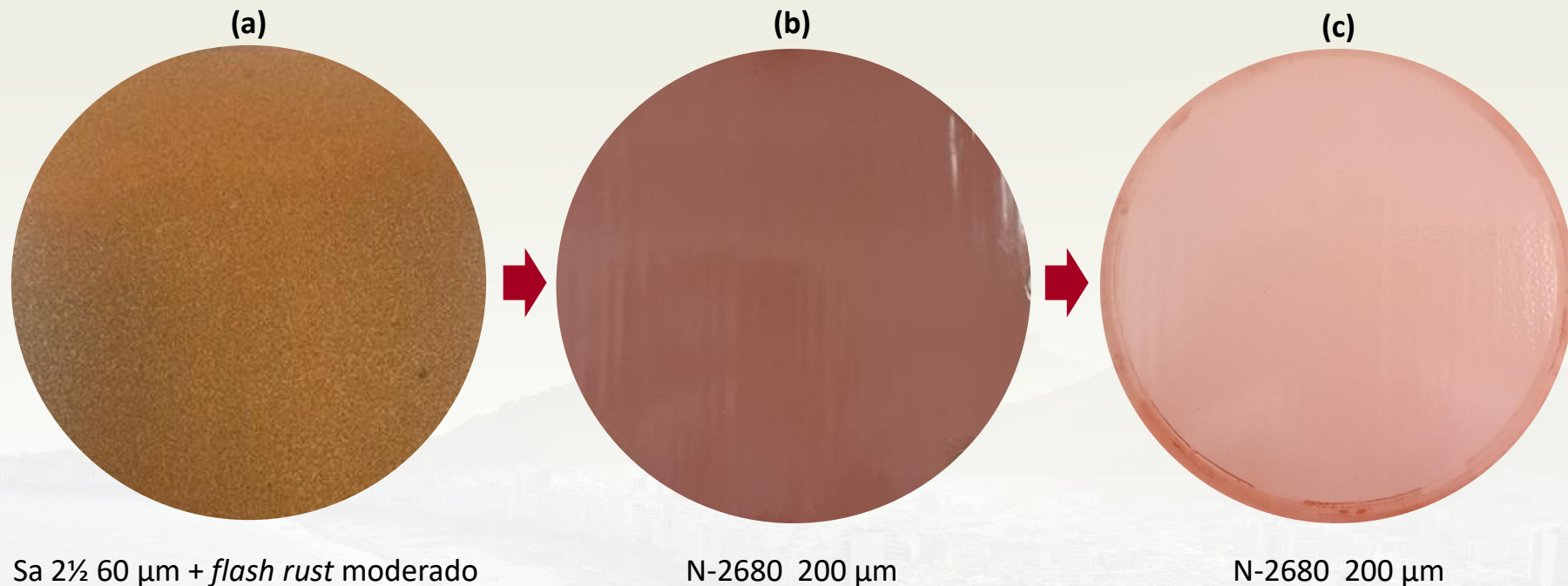


Fig. 10 - Ensaio de imersão em água @ 40°C – Inspeção (a) *flash rust*, (b) inicial e (c) após 840 h (5 semanas)

Aplicação de revestimento sobre *flash rust*

Célula Atlas - ASTM D46943

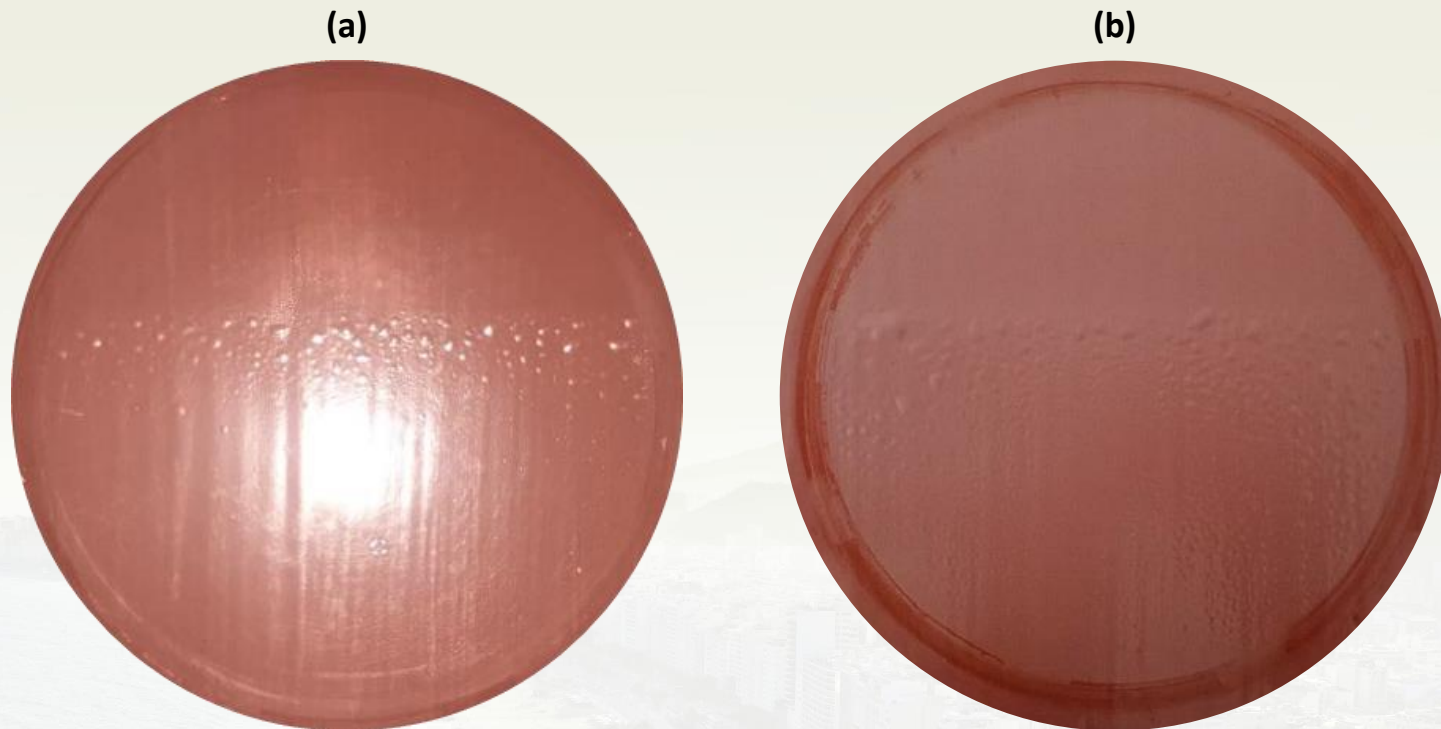


Fig. 11 - Ensaio de imersão em água @ 40 °C— Inspeção após 1500 h (a) Sa 2½ e (b) *flash rust*

O *flash rust* é o maior dos problemas de preparo na obra?



Fig. 12 - Ensaio de imersão em água @ 40 °C— Inspeção após 1500 h (a) Sa 2½ e (b) *flash rust*

O *flash rust* é o maior dos problemas de preparo na obra?

👎 Realidade: rápida perda de integridade anticorrosiva em *topside*



Fig. 13 - Baixa integridade anticorrosiva em pisos em unidades *offshore*

O *flash rust* também é um ponto de atenção



Baixo perfil de rugosidade



Contaminação com oleosidade



Contaminação com sais solúveis



Corrosão do tipo *flash rust*

Como impedir a ocorrência de *flash rust*

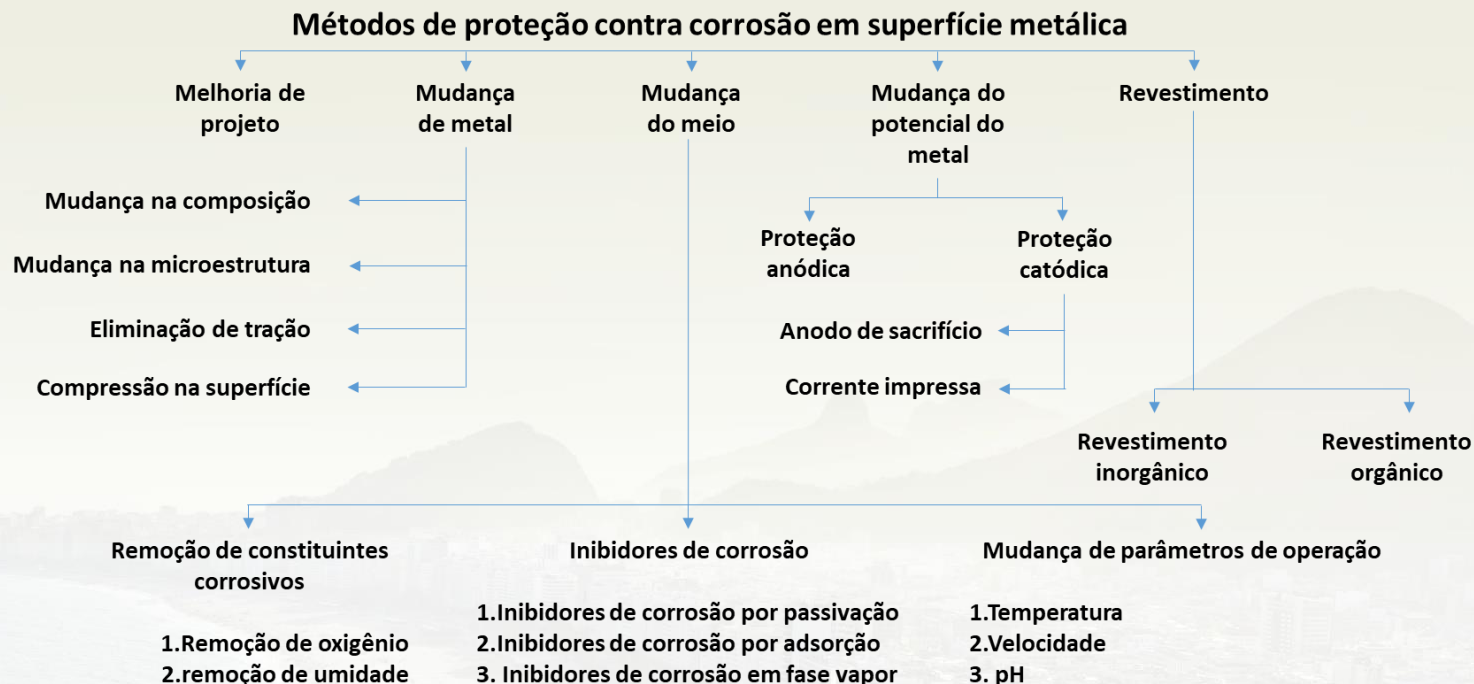


Fig. 14 - Métodos disponíveis para proteção contra corrosão metálica (Adaptado de VERMA et al., 2017)

Como impedir a ocorrência de *flash rust*

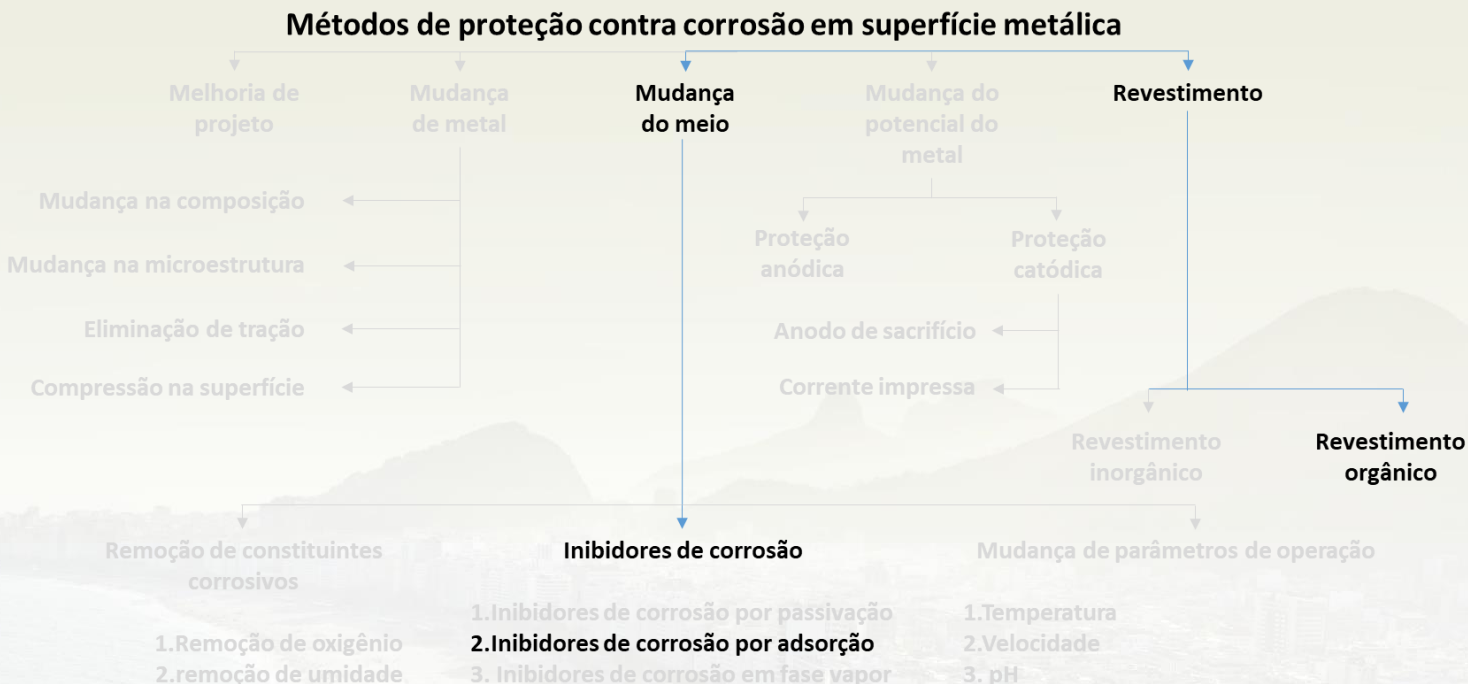


Fig. 14 - Métodos disponíveis para proteção contra corrosão metálica (Adaptado de VERMA et al., 2017)

Corrosão eletroquímica

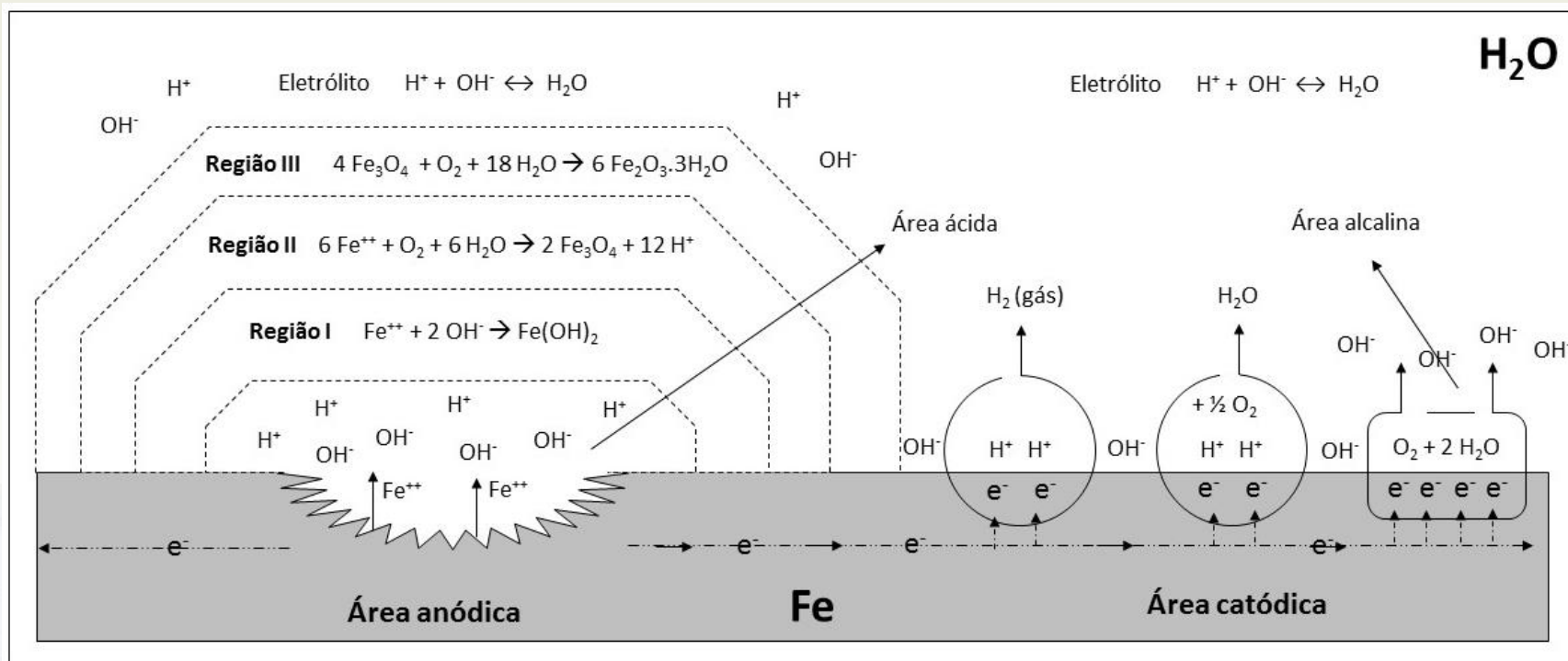


Fig. 15 - Hidrojateamento UAP (a) na construção e (b) na manutenção de unidades *offshore* (MUNGER, C. G.)

Corrosão eletroquímica

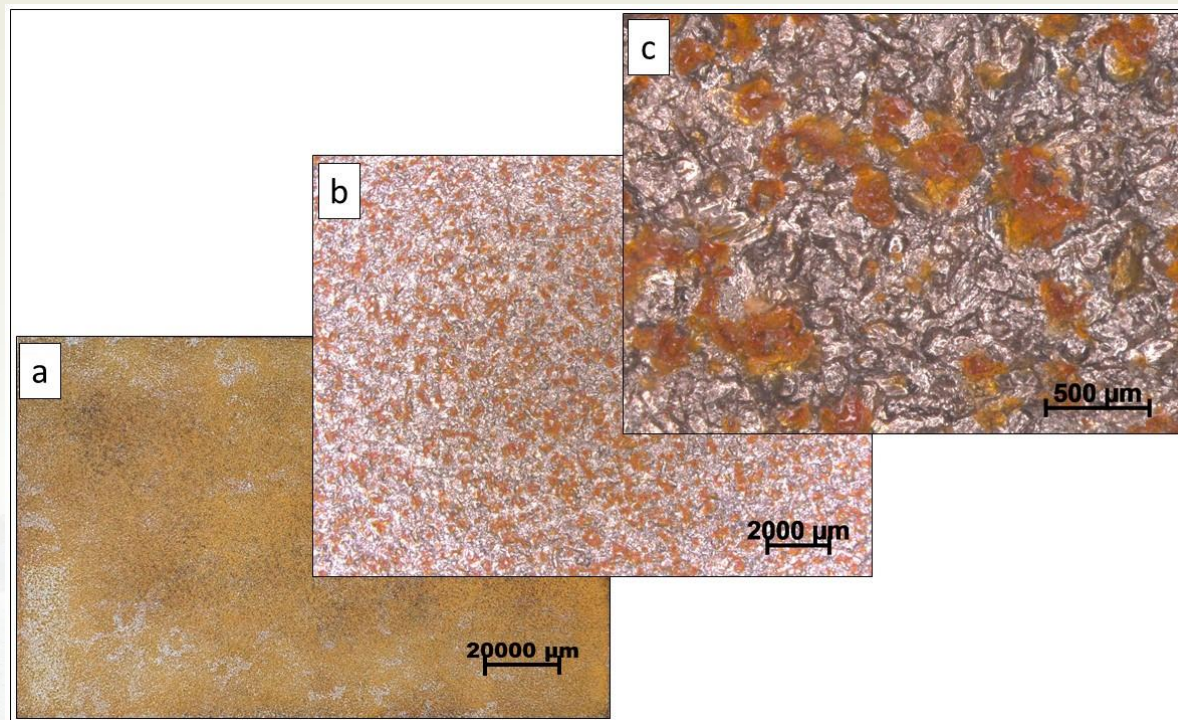


Fig. 16 - (a) Painel de aço carbono AISI 1020 com ocorrência de *flash rust* leve, (b) e (c) ampliações sucessivas.

Mecanismo de inibição da corrosão eletroquímica

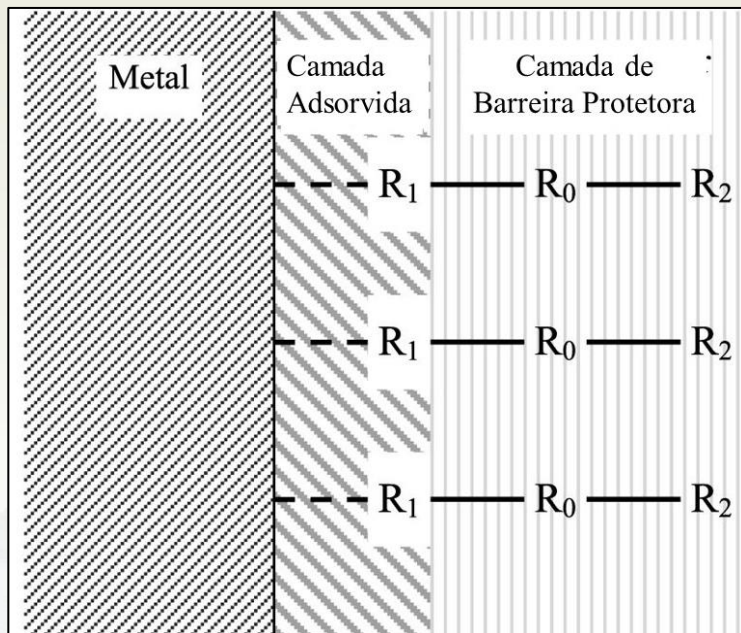


Fig. 17 - Esquema do mecanismo de inibição de um inibidor, Balezin, 1966

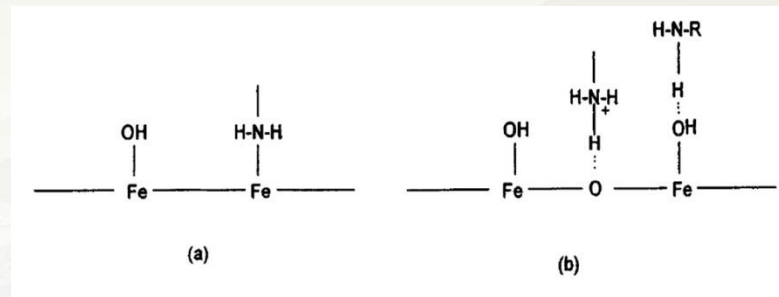


Fig.18 - Mecanismo de adsorção de amina sobre liga ferrosa **LI et al., 1996**

Composição genérica de inibidores de corrosão

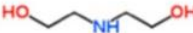
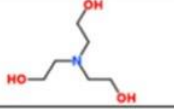
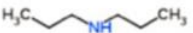
		Nome	Mw (g/mol)	Estrutura	P.F.	P.F.	Solub. em água	pKb
Aminas com grupo -OH	1 ETA	Etanolamina	C_2H_7NO 61.08		10.3	170	0.85 kg/L	4.5
	2 5AP	5-Amino-1-pentanol	$C_5H_{13}NO$ 103.17		36	222	0.22 kg/L	3.53
	3 DEA	Dietanolamina	$C_4H_{11}NO_2$ 105.14		28	217	0.47 kg/L	5.0
	4 TEA	Trietanolamina	$C_6H_{15}NO_3$ 149.188		20.5	208	0.50 kg/L	6.2
Aminas sem grupo -OH	5 PPA	Propilamina	C_3H_9N 59.11		-83	48	0.23 kg/L	3.4
	6 DPA	Dipropilamina	$C_6H_{15}N$ 101.190		-39.6	110.7	0.044 kg/L	3.09

Fig. 19 - Lista de aminas alifáticas com e sem grupamentos hidroxila CHOI; KIM; PARK, 2013.

Os inibidores favorecem a passivação do aço

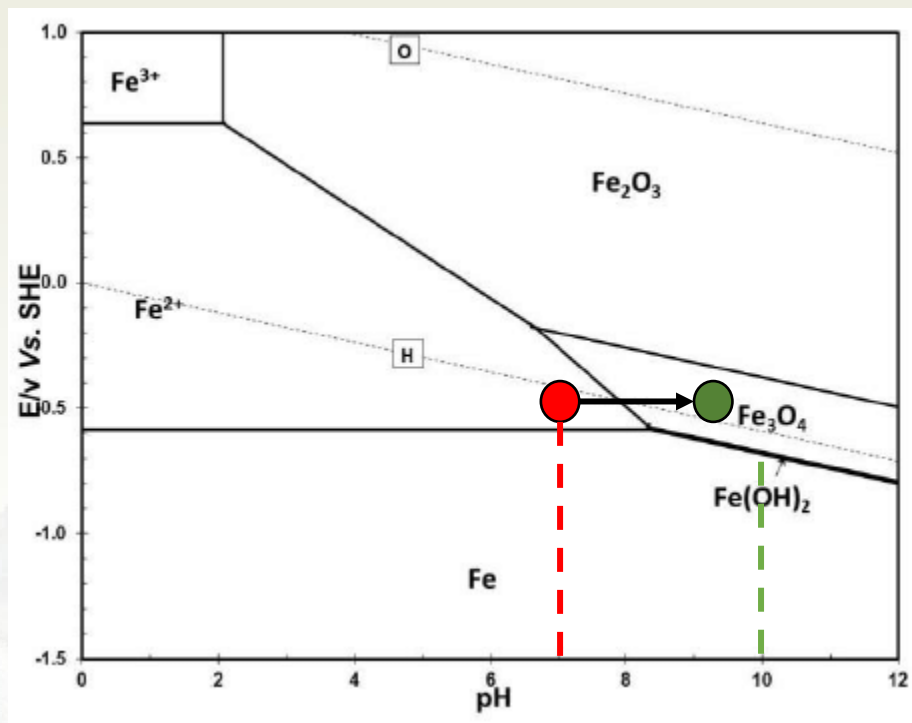


Fig. 20 - Diagrama E vs pH para o Fe e aumento do pH pelo uso de inibidor

Inibição de *flash rust*

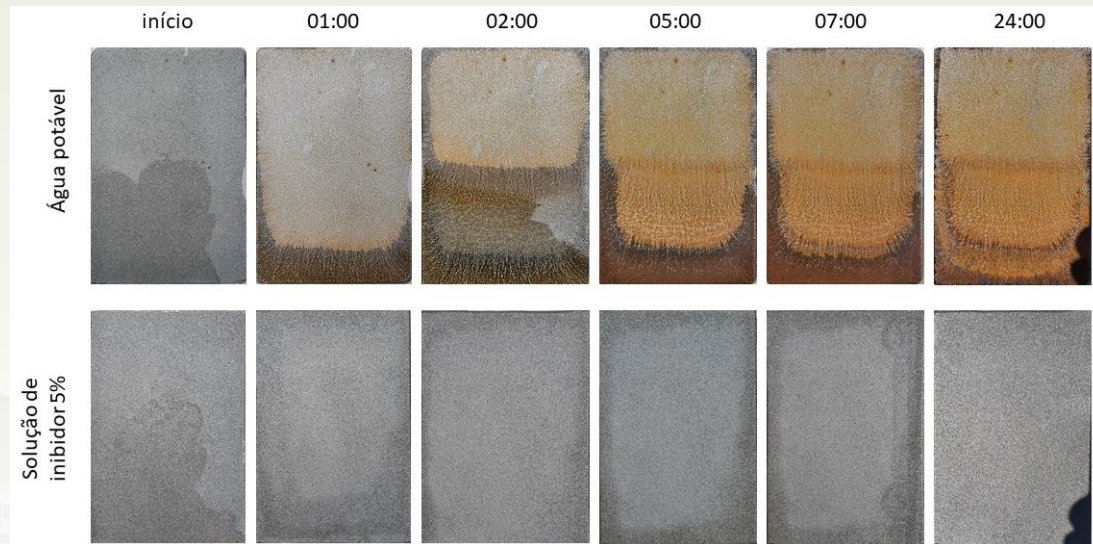


Fig. 21 - Teste qualitativo comparativo de cupons de aço sem inibidor de *flash rust* ao longo de 24h.

Inibição de *flash rust*



Fig. 22 - Teste de campo em parte de piso preparado por JAU. Trapos enxarcados com inibidor.

Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS



Eletroquímica em solução



Eletroquímica em esquemas de pintura



Ensaio acelerado em esquemas de pintura



Ensaio de campo em esquema de pintura



Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
UV/condensation — ISO 11907			Salt spray — ISO 9227			Low temp. exposure at (-25 ± 2) °C
						



Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS



Fig. 23 - Teste de tração por *pull-off* de revestimento epóxi (N-2943) sobre Sa 2½ com inibidor de *flash rust*.

Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS

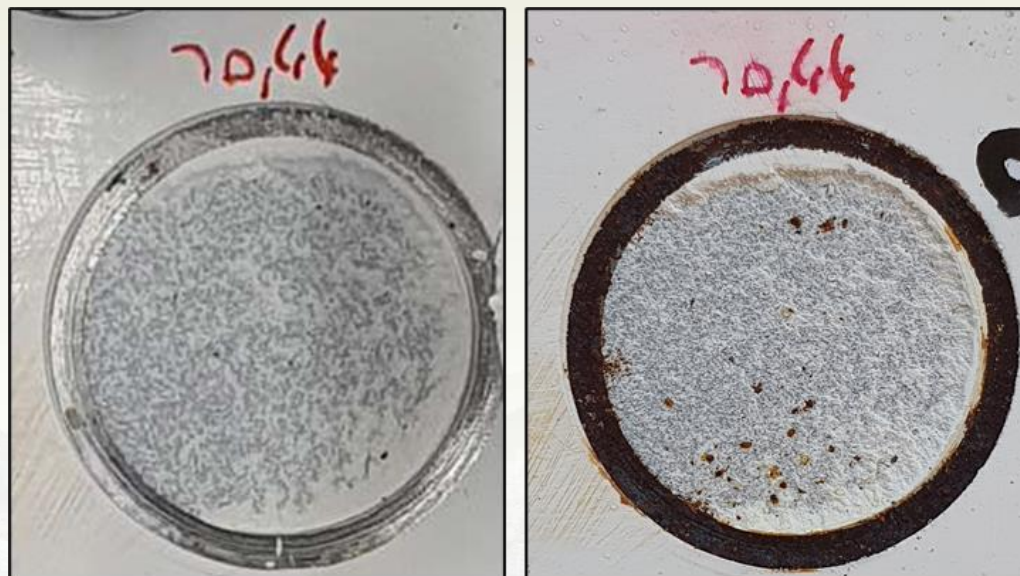


Fig. 24 - Teste de tração por *pull-off* de revestimento epóxi – confirmação de falha coesiva.

Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS



Fig. 25 - Teste campo de trecho de piso hidrojetado com e sem inibidor após 16 h.

Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS



Aumento da janela operacional entre o preparo e a pintura



Redução do re-trabalho



Redução do consumo de água



Aumento na produtividade pintura



Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS



Aumento de qualidade da pintura



Redução do POB de pintura



Redução da demanda por calderaria



Aumento na integridade anticorrosiva de *topside*



Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS

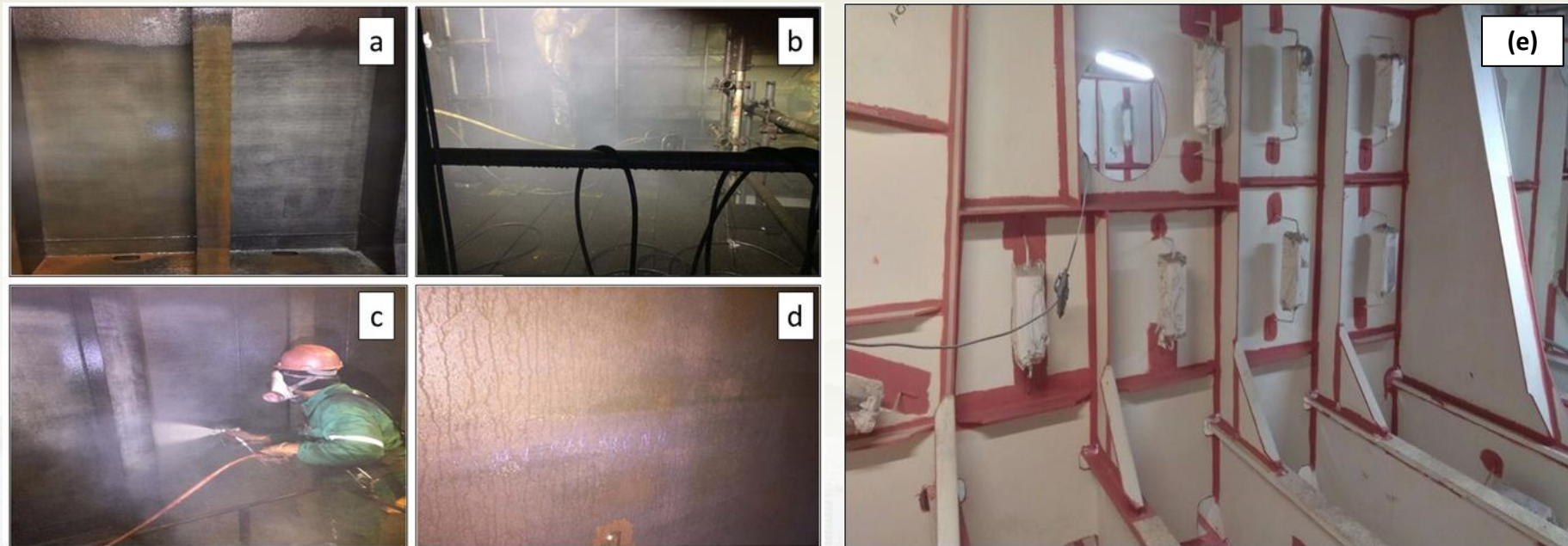


Fig. 26 - Implementação durante pintura de tanques de lastro.

Implementação inibidores de *flash rust* - CENPES PETROBRAS



Fig. 27 - Implementação durante pintura de tanques de lastro em FPSO.

Agradecimento



Obrigado

Equipe

oliveira.jeferson@petrobras.com.br



Jeferson Oliveira



Sérgio Santos



Eduardo Siqueira



Robson Cardoso



Joaquim Quintela



Victor Solymossy



Sílvio Rodrigues



Rafael Medeiros



Walter Souza



Anders Skilbred