Motores Industriais

Motores Comerciais & Appliance

Automação

Digital & Sistemas

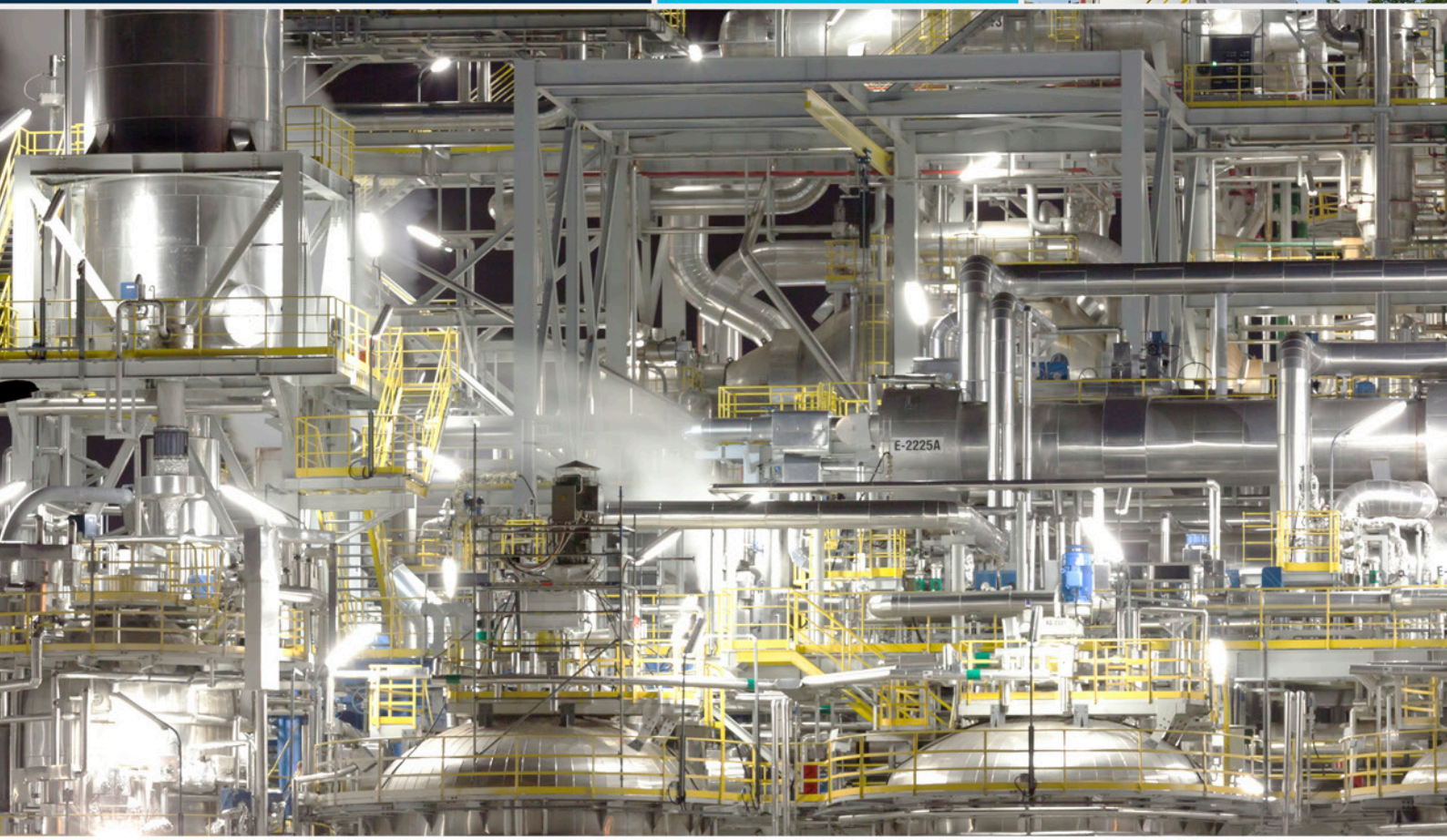
Energia

Transmissão & Distribuição

Tintas

MANUAL DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Tintas para proteção anticorrosiva na **manutenção industrial**.



Driving efficiency and sustainability

NORMA ISO 12944

Alinhado a última edição da Norma Internacional ISO 12944 “Tintas e vernizes - Proteção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura”, a WEG Tintas possui tecnologia capaz de proteger contra corrosão em todas as situações descritas abaixo. Consulte nossa equipe para escolher o sistema mais adequado para seu projeto.

A ISO 12944 (todas as partes) considera quatro diferentes expectivas de durabilidade de acordo com a agressividade do ambiente (isto é, baixa, média, alta e muito alta). A faixa de durabilidade não corresponde a “tempo de garantia”. O tipo das condições ambientais e a durabilidade dos sistemas de revestimento são os principais parâmetros para selecionar os sistemas de revestimento.

O nível de “falhas de pintura” antes da “primeira importante (ou grande) manutenção de pintura”, deve ser acordado pelas partes interessadas e deve ser avaliado de acordo com as normas ISO 4628-1, 4628-2, 4628-3, 4628-4 e ISO 4628-5.

Por exemplo, a “primeira importante manutenção de pintura”, normalmente deverá ser realizada por razões de proteção contra corrosão, uma vez que cerca de 10% dos revestimentos atingirão o valor Ri 3, conforme definido na ISO 4628-3.

Categoria	Exterior	Interior
C1 muito baixa	-	Edifícios aquecidos com ambiente limpo, como escritórios, loja, escolas e hotéis.
C2 baixa	Ambientes com baixo nível de poluição, como áreas rurais.	Edifícios não aquecidos onde possam ocorrer condensação, como armazéns e pavilhões desportivos.
C3 média	Ambientes urbanos e industriais com baixa poluição de dióxido de enxofre. Áreas costeiras com baixa salinidade.	Salas de produção em locais com umidade elevada e pouca poluição, como fábricas de cerveja e de laticínios.
C4 alta	Zonas industriais e áreas costeiras de média salinidade.	Indústrias químicas, piscinas, estaleiros navais.
C5 muito alta	Áreas industriais com umidade elevada e atmosfera agressiva. Áreas costeiras com alta sanilidade.	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição.
CX extrema	Áreas offshore com elevada salinidade e zonas industriais com umidade extrema. Ambientes agressivos, tropicais e subtropicais.	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição.

PLANOS DE PINTURA - TINTAS LÍQUIDAS

Nº	Classificação ISO 12944	Planos de Pintura - Manutenção	Função	Espessura Total (µm) *	Expectativa de Durabilidade ISO 12944
1	C1 - muito baixo C2 - baixo	1 demão W-LACK CVP 115 de 35µm	Primer Alquídico	105	Média (de 7 a 15 anos)
		2 demãos W-LACK SRA 111 de 35µm cada	Acabamento Alquídico		
2	C3 - médio	1 demão W-POXI ERP 322 de 80µm	Primer Epóxi	130	Média (de 5 a 15 anos)
		1 demão W-THANE HPA 501 de 50µm	Acabamento Poliuretano		
3	C4 - médio	1 demão W-POXI 89 PW de 150µm	Primer Epóxi	200	Média (de 7 a 15 anos)
		1 demão W-THANE HPA 501 de 50µm	Acabamento Poliuretano		
4	C5 - médio	1 demão W-POXI 88 HT de 250µm	Primer Epóxi	300	Média (de 7 a 15 anos)
		1 demão W-THANE HPA 501 de 50µm	Acabamento Poliuretano		
5	C5 - alto	3 demãos W-POXI BLOCK HPP 402 ALUM de 150 µm	Primer Epóxi Novolac	500	Alta (de 15 a 25 anos)
		1 demão LACKTHANE N2677 de 50 µm	Acabamento Poliuretano		
6	CX	1 demão LACKPOXI N1277 de 85 µm	Primer Epóxi rico em zinco	325	Alta (de 15 a 25 anos)
		1 demão W-POLI HPD 451 de 240 µm	Acabamento Poliaspártico		
7	Zona de maré e respingos CX e Im4	1 demão W-POXI GFD 362 de 500 µm	Primer Acabamento Epóxi	500	Alta (de 15 a 25 anos)

** Espessura total - Considerar espessura de filme seco.*

PLANOS DE PINTURA - TINTAS EM PÓ

Nº Sistema	Classificação ISO 12944	Ambiente	Plano de Pintura	Função	Espessura Total (µm) *	Expectativa de Durabilidade ISO 12944
1	C1 - muito baixo \ C2 - baixo	Interno	1 demão POLITHERM 20 ou 22 de 70 µm	Tinta Híbrida	70	Baixa (até 5 anos)
		Externo	1 demão POLITHERM 26 ou 27 de 70 µm	Tinta Poliéster	70	
2		Interno	1 demão POLITHERM 50 HB de 120 µm	Tinta Híbrida	120	Média (de 5 a 15 anos)
		Externo	1 demão POLITHERM 56 HB de 120 µm	Tinta Poliéster	120	
3		Interno	1 demão POLITHERM 54 HB de 160 µm	Tinta Epóxi	160	Alta (acima de 15 anos)
		Externo	1 demão POLITHERM 54 HB de 110 µm	Tinta Epóxi	170	
			1 demão POLITHERM 26 ou 27 de 60 µm	Tinta Poliéster		
4	C3 - médio	Interno	1 demão POLITHERM 25 de 80 µm	Tinta Epóxi	160	Média (de 5 a 15 anos)
			1 demão POLITHERM 20 ou 22 de 80 µm	Tinta Híbrida		
		Externo	1 demão POLITHERM 25 de 80 µm	Tinta Epóxi	160	
			1 demão POLITHERM 26 ou 27 de 80 µm	Tinta Poliéster		
5		Interno	1 demão POLITHERM 54 HB de 100 µm	Tinta Epóxi	200	Alta (acima de 15 anos)
			1 demão POLITHERM 54 HB de 100 µm	Tinta Epóxi		
		Externo	1 demão POLITHERM 54 HB de 160 µm	Tinta Epóxi	220	
			1 demão POLITHERM 26 ou 27 de 60 µm	Tinta Poliéster		
6	C4 - alto	Interno	1 demão POLITHERM 54 de 120 µm	Tinta Epóxi	200	Média (de 5 a 15 anos)
			1 demão POLITHERM 20 ou 22 de 80 µm	Tinta Híbrida		
		Externo	1 demão POLITHERM 54 de 120 µm	Tinta Epóxi	200	
			1 demão POLITHERM 26 ou 27 de 80 µm	Tinta Poliéster		
7	C5 - muito alto	Interno	1 demão POLITHERM 55 HB C5H de 140 µm	Tinta Epóxi	280	Média (de 5 a 15 anos)
			1 demão POLITHERM 54 HB C5H de 140 µm	Tinta Epóxi		
		Externo	1 demão POLITHERM 55 HB C5H de 140 µm	Tinta Epóxi	280	
			1 demão POLITHERM 88 WFS AC de 140 µm	Poliéster SD		
8	CX - Extremo	Interno	1 demão POLITHERM 24 W-Zn de 80 µm	Tinta Epóxi Zinco	240	Média (de 5 a 15 anos)
			1 demão POLITHERM 54 HB C5H de 160 µm	Tinta Epóxi		
		Externo	1 demão POLITHERM 24 W-Zn de 80 µm	Tinta Epóxi Zinco	240	
			1 demão POLITHERM 88 WFS AC de 160 µm	Poliéster SD		

** Espessura total - Considerar espessura de filme seco.*

**Os planos de tintas líquidas e tintas em pó apresentados acima são para o substrato aço carbono com tratamento mecânico de jateamento padrão mínimo Sa 2½.*

PRODUTOS NORMALIZADOS PETROBRAS

Para cada caso específico de aplicação, as normas Petrobras estabelecem sistemas de pintura padronizados.
Além das características de proteção apresentadas por estes tipos de produtos, a WEG Tintas possui uma ampla linha de produtos e planos de pintura específicos para a solução anticorrosiva na manutenção industrial.

Normas	Descrição do Produto	Ref. WEG
N 1277	Epóxi poliamida bicomponente rico em zinco.	LACKPOXI N1277e W-POXI ZSP 315 R N 1277
N 1514 - Tipo I e II	Tinta indicadora de alta temperatura.	TERMOLACK N1514 I e II
N 1661	Tinta de etil silicato inorgânico de zinco bicomponente.	ETIL SILICATO ZINCO N1661
N 2231	Silicato inorgânico de zinco e alumínio	ETIL SILICATO ZINCO N2231 ALUMÍNIO
N 2288	Epóxi poliamina aromática bicomponente com alumínio especial.	LACKPOXI N2288
N 2628	Acabamento epóxi poliamida bicomponente de alto teor de sólidos e alta espessura.	LACKPOXI N2628
N 2630	Primer epóxi poliamida bicomponente fosfato de zinco alto teor de sólidos e alta espessura.	LACKPOXI N2630
N 2677	Acabamento poliuretano acrílico alifático bicomponente.	LACKTHANE N2677
N 2680	Tinta epóxi sem solvente para superfícies úmidas.	LACKPOXI 76 WET SURFACE PRIMER / ACABAMENTO
N 2912	Primer Epóxi Novolac de alta espessura.	WEGPOXI BLOCK N 2912 TIPOS I, II e III
(antiga N 2198)	Este produto substitui a utilização do LACKPOXI N2198. Promotor de aderência livre de isocianatos para substratos galvanizado, alumínio, aço carbono desengraxado e inox.	W-POXI GNP 415
N 2913 / N 2943	Revestimento poliaspártico.	W-POLI HPD 451
N 1374 / N 2943	Revestimento de alto desempenho.	W-POXI BLOCK GFD 362
N 1374 / N 2943	Requisitos para tinta antiderrapante.	W-POXI BLOCK ADA 404
N 2943	Requisitos para tinta antiderrapante.	W-POLI ADA 462

REVESTIMENTO ELASTOMÉRICO PARA ÁREAS CRÍTICAS – OFFSHORE

WRAPX® HBD 421 | WRAPX® EVD 473

Especialmente formulado para áreas críticas como flanges e válvulas.

Vantagens na utilização do envelopamento de flanges, válvulas e parafusos:

- Sistema dupla proteção;
- Utiliza desmoldante, facilitando a remoção do revestimento quando necessário realizar a manutenção;
- Aplicação em alta espessura em única demão;
- Alta retenção em bordas e cordões de solda;
- Aplicação pulverizada ou trincha;
- Facilidade de reparo.

REVESTIMENTO ELASTOMÉRICO PARA PISOS E ESTRUTURAS – OFFSHORE

WRAPX® HBD 521

Primer acabamento elastomérico, bicomponente, utilizado em equipamentos e estruturas industriais, interior e exterior de tubulações e pisos de aço carbono podendo ser aplicado em altas espessuras em demão única.

Vantagens na utilização do envelopamento de pisos e estruturas:

- Alta flexibilidade;
- Impermeável;
- Excelente retenção nas bordas;
- Rápida liberação da área;
- Permite aspersão de agregado antiderrapante;
- Permite aplicação em altas espessuras, até 8 mm na horizontal e 1,25 mm na vertical;
- Excelente resistência ao impacto e abrasão;
- Atende a norma AWWA C-222;
- Atende a portaria GM/MS Nº 888 do Ministério da Saúde.

*Plataforma offshore: Ambiente categoria **CX extrema** de acordo com a ISO 12944.*

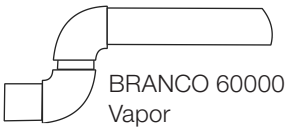
UTILIZAÇÃO DAS CORES

Além de ser um elemento imprescindível na composição de ambientes, a cor é também um valioso auxílio para a obtenção de sinalização, seja delimitando áreas, fornecendo indicações ou alertando para as condições do ambiente.

O uso da cor na sinalização permite uma reação automática do observador, evitando que a pessoa tenha que se deter diante do sinal, ler, analisar e só então atuar de acordo com sua finalidade. Para isso, torna-se necessário que haja uma uniformidade ou normalização na aplicação das cores, de modo que seu significado seja sempre o mesmo, permitindo uma identificação imediata.

Com o objetivo de orientar e definir este trabalho, pode ser consultada a norma NBR 6493 e NBR 7195 a qual complementa e normaliza as cores fundamentais para sinalização e segurança dentro das empresas.

Sugerimos estabelecer cores padronizadas pelo sistema Munsell ou Ral conforme apresentadas em nossa cartela de cores.



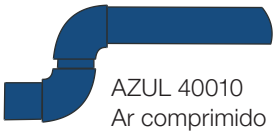
BRANCO 60000
Vapor

ALUMÍNIO 30000
Gases liquefeitos, inflamáveis e combustíveis de baixa viscosidade

VERMELHO 80000
Água e outras substâncias destinadas à combater incêndio

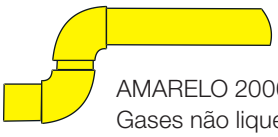
MARROM 75000
Materiais fragmentados (minérios) e petróleo bruto

LARANJA 25000
Produtos químicos não gasosos



AZUL 40010
Ar comprimido

VERDE 50040
Água, exceto a destinada à combater incêndio



AMARELO 20000
Gases não liquefeitos

PRETO 70000
Inflamáveis e combustíveis de alta viscosidade

CINZA ESCURO 10020
Eletrodutos

CARTELA DE CORES PADRONIZADAS

Código WEG	Denominação da cor	Código Petrobras	Codificação Munsell	Cor
70000	Preto	0010	N 1	
10020	Cinza Escuro	0035	N 3,5	
10030	Cinza Médio		N 5	
10010	Cinza Claro	0065	N 6,5	
10000	Cinza Gelo	0080	N 8	
60000	Branco	0095	N 9,5	
30000	Alumínio	0170	*	
80000	Vermelho Segurança	1547	5 R 4/14	
80740	Óxido de Ferro	1733	10 R 3/6	
75000	Marrom Canalização	1822	2,5 YR 2/4	
25000	Laranja Segurança	1867	2,5 YR 6/14	
20040	Creme Canalização	2273	10 YR 7/6	
20010	Amarelo Ouro	2287	10 YR 8/14	
21670	Amarelo Petrobras	2386	2,5 Y 8/12	
20000	Amarelo Segurança	2586	5 Y 8/12	
20030	Creme Claro	2392	2,5 Y 9/4	
50010	Verde Segurança	3263	10 GY 6/6	
50040	Verde Emblema		2,5 G 3/4	

** Não possui codificação Munsell*

Código WEG	Denominação da cor	Código Petrobras	Codificação Munsell	Cor
51820	Verde Petrobras	3355	2,5 G 5/10	
50000	Verde Pastel	3582	5 G 8/4	
51210	Verde		7,5 G 6/4	
40010	Azul Segurança	4845	2,5 PB 4/10	
40000	Azul Pastel	4882	2,5 PB 8/4	
41340	Azul		5 PB 2/4	
40400	Azul		5 PB 6/8	
40810	Azul Petrobras	5134	7,5 PB 3/8	
81840	Vinho	1523	5 R 2/6	

Importante

A tonalidade de cor e brilho mostradas nesta cartela devem ser usadas somente como orientação, não podendo ser garantida uma conformidade com a tinta original, dessa forma não é recomendado usar como padrão de cor na avaliação de superfícies pintadas.

1 - GRAUS DE OXIDAÇÃO

São especificados quatro graus de enferrujamento, designados pelas letras A, B, C e D, respectivamente, conforme norma ISO 8501-1.

A carepa não é aço e sua tendência natural é se desprender do aço. É formada durante o processo de laminação do aço que é aquecido a 1250ºC e resulta por reação com o oxigênio do ar e a água de resfriamento no formato de “carepa”.

Grau A
Superfície de aço com carepa de laminação aderente intacta, com pouca ou nenhuma oxidação ao longo de sua superfície.

Grau B
Superfície de aço com início de oxidação e da qual a carepa de laminação começou a desprender, ou onde sofreu pequena ação de intemperismo.

Grau C
Superfície de aço da qual a carepa de laminação tenha sido eliminada pela corrosão ou possa ser removida com uma espátula e possa apresentar poucos pites visíveis a olho nu.

Grau D
Superfície de aço onde toda a carepa de laminação foi eliminada e na qual se observa uma corrosão atmosférica severa e generalizada, apresentando *pits* e *alvéolos*.

2 - GRAUS DE PREPARAÇÃO | NORMA ISO 8501-1

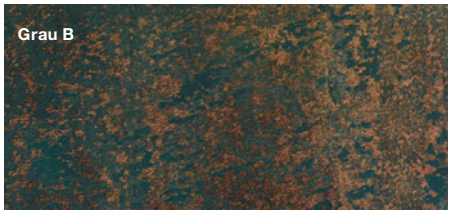
2.1 - Limpeza por ferramentas manuais e mecânicas

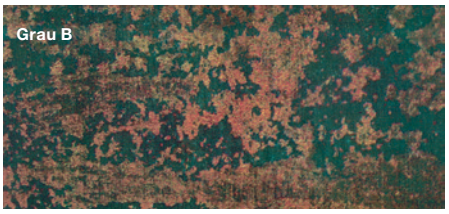
- A preparação da superfície por meio de limpeza com ferramentas manuais e mecânicas (como a raspagem, lixamento, escovamento com escovas ou discos) são designadas pelas letras “St”.
- Do mesmo modo, óleo, graxa, gordura ou outros contaminantes, também devem ser removidos por limpeza com solvente ou uso de desengraxantes (de acordo com a norma SSPC-SP1).
- Após a preparação, a superfície deverá apresentar-se isenta de poeiras e fragmentos soltos.

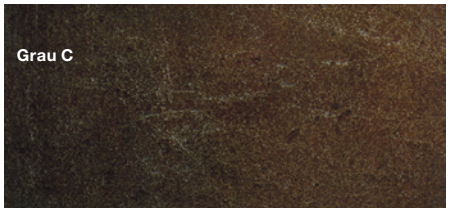
Limpeza minuciosa com ferramentas manuais e/ou mecânicas
Quando examinada a olho nu, a superfície deve estar livre de contaminantes visíveis como óleo, graxa, sujidades e também de contaminantes com fraca aderência como carepa de laminação, corrosão, pintura antiga e materiais estranhos (ver Nota 1 de 3.1). Ver padrões fotográficos B St 2, C St2 e D St 2.

Limpeza muito minuciosa com ferramentas manuais e/ou mecânicas
A superfície deve ser tratada como em St2, mas de maneira muito mais minuciosa e deve apresentar um substrato com brilho metálico. Ver padrões fotográficos B St 3, C St 3 e D St 3.

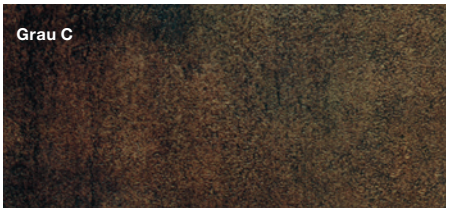
Grau A - O método de limpeza St 2 não é recomendado para esse grau de corrosão.

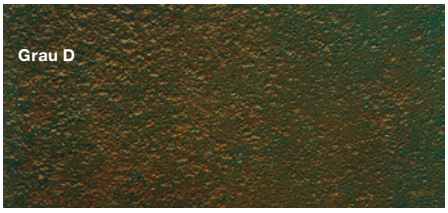






Grau A - O método de limpeza St 3 não é recomendado para esse grau de corrosão.





2.2 - Limpeza por jateamento abrasivo

É obtido pela projeção, sobre a superfície, de partículas de abrasivo impulsionadas por um fluido, em geral o ar comprimido, criando perfil de rugosidade.

- A preparação da superfície por jateamento abrasivo é designada pelas letras “Sa”.
- Antes da peça seguir para cabine de jateamento, devem ser removidos o óleo, a graxa e a gordura por limpeza com solvente ou uso de desengraxante (conforme a norma SSPC-SP1).
- Após o jateamento, poeira e partículas soltas deverão ser removidas da superfície.
- Na inspeção visual deve ser verificado se a superfície encontra-se isenta de óleo, graxa ou gordura, carepa de laminação, oxidação, tinta, matérias estranhas de fraca aderência e analisar se o padrão de jateamento atende à norma ISO 8501-1

Padrão Sa 1

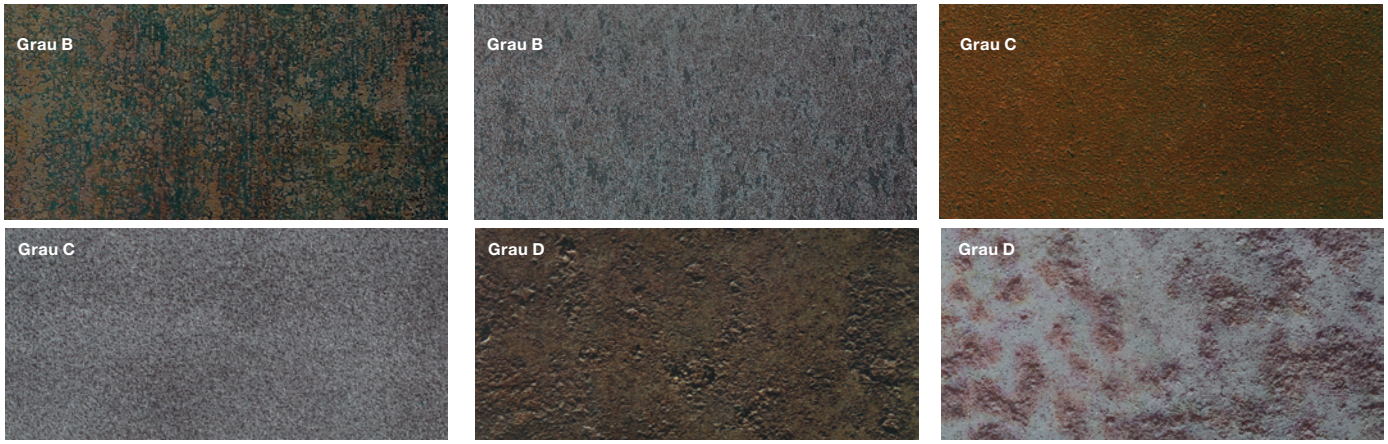
Limpeza por jateamento ligeiro, a superfície quando vista sem apliação, deve estar livre de contaminantes visíeis. Carepa de laminação, ferrugem e revestimento fortemente aderentes podem perdem permanacer na superficie (são considerador fortemente aderentes se não puder ser levantados com espátula cega).
(Padrões fotográficos: B Sa 1; C Sa 1 e D Sa 1).

Padrão Sa 2 (de acordo com a norma SSPC-SP6)

Limpeza por jateamento comercial, a superficie quando vista sem ampliação deve estar livre de contaminações visíveis. as manchas aleatórioas devem ser limitadas a não mais de 33% por unidade da superfície.
(Padrões fotográficos: B Sa 2; C Sa 2 e D Sa 2).

Grau A - O método de limpeza Sa 1 não é recomendado para esse grau de corrosão.

Grau A - O método de limpeza Sa 2 não é recomendado para esse grau de corrosão.

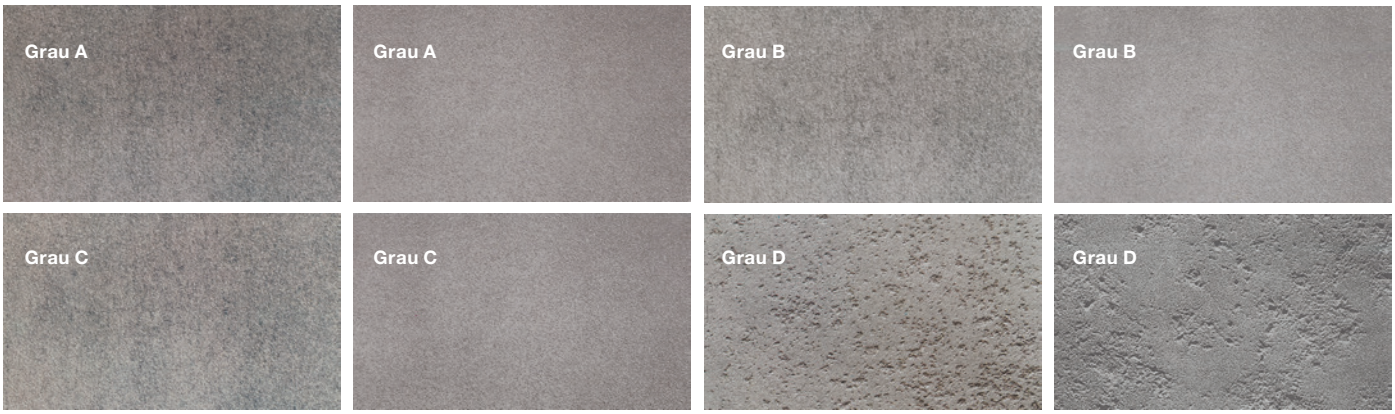


Padrão Sa 2 ½ (de acordo com a norma SSPC-SP10)

Definida como jateamento ao metal quase branco.
Superfície quando vista sem ampliação deve estar livre de contaminantes visíveis. As manchas devem ser limitadas a não mais que 5% por unidade de área da superfície.
(Padrões fotográficos: A Sa 2½; B Sa 2½; C Sa 2½; e D Sa 2½).

Padrão Sa 3 (de acordo com a norma SSPC-SP5)

Também chamada de jateamento ao metal branco.
Superfície quando vista sem ampliação, deve estar livre de contaminação visível, apresentando coloração metálica uniforme.
(Padrões fotográficos: A Sa 3, B Sa 3; C Sa 3 e D Sa 3).



2.3 - Perfil de rugosidade

Na especificação de uma pintura é aconselhável que se determine o perfil de rugosidade e que a espessura da película de tinta cubra os picos, a vida da pintura depende bastante deste fator. É recomendado que o perfil de rugosidade deva situar-se dentre 1/4 a 1/3 da espessura total do esquema de pintura ou no máximo até 2/3 da espessura da tinta de fundo.
A altura do perfil de rugosidade deve ser determinada, mediante o uso de rugosímetro.
Perfil muito utilizado: 40 - 85 µm.

Tabela 1

Abrasivo	Tamanho máximo da partícula que atravessa a peneira		Altura máxima do perfil (µm)
	Abertura mm	Peneira ABNT NBR 5734	
Granalha de aço (partículas angulosas) Conforme norma RP - SAE - J - 444a			
Nº - G 80	0,42	40	60
Nº - G 50	0,7	25	85
Nº - G 40	**1,0**	**18**	**90**
Nº - G 25	1,2	16	100
Nº - G 16	1,7	12	200
Granalha de aço (esféricas) Conforme norma RP - SAE - J - 444a			
Nº S-110	0,6	30	50
Nº S-230	1,0	18	80
Nº S-280	1,2	16	85
Nº S-330	**1,4**	**14**	**90**
Nº S-390	1,7	12	95
Bauxita sinterizada	0,4	40	80

Notas:
1 - Não existem padrões fotográficos representando "A Sa 1; A Sa 2; A St 2 e A St 3", porque estes graus de preparação não podem ser atingidos. As contaminações visíveis que deverão estar isento na avaliação são: óleo, graxa, poeira, sujeira, carepa de laminação, ferrugem, revestimento, óxidos , produtos de corrosão e outros materiais estranhos, exceto manchas.
2 - Além do tipo de método de limpeza utilizado, os seguintes fatores podem influenciar no resultado da avaliação visual:
a) Outro estado inicial da superfície do aço, além dos graus normalizados de oxidação, A; B; C e D;
b) A própria cor do aço;
c) Zonas de rugosidade diferentes, resultantes de ataques irregulares de corrosão ou de remoção não uniforme do material;
d) Irregularidades de superfície;
e) Marcas causadas pelas ferramentas;
f) Iluminação não uniforme;
g) Sombreados no perfil da superfície causados por projeção oblíqua do abrasivo;
h) Grãos de abrasivo incrustados.
3 - Dependendo da cor do abrasivo, é comum a superfície apresentar, para um mesmo grau de limpeza visual, uma coloração mais clara ou mais escura, em relação à dos padrões visuais da norma.

(1) Condições Iniciais A, B, C e D referem-se aos graus de oxidação A, B, C e D, respectivamente.

2.4 - Sais Solúveis – Contaminante Não Visível

O teste de sais solúveis tem como objetivo análise da limpeza da superfície, através da célula adesiva Bresle/Patche, extração de contaminantes solúveis (contaminação por sal) de uma superfície jateada ou hidrojateada para avaliar a quantidade de massa de sal por área. Célula adesiva ou Patches é colocada sobre a superfície e por meio de seringa é carregada com água desmineralizada e os cloretos são extraídos e a concentração é quantificada a condutividade, nas unidades (µS / cm) e densidade da superfície (mg / m2 ou µg / cm2) e a temperatura, de acordo com as normas ISO 8502-6, 8502-9.

Investigações recentes mostram que a contaminação devido aos sais solúveis, principalmente, cloretos, é crítico para o desempenho dos revestimentos protetorres. Um pequeno aumento de 1 µg/cm² de cloretos (Cl-) leva a uma diminuição de 200% na vida útil do revestimento.

3 - Graus de Preparação por Hidrojateamento

Hidrojateamento é utilizado na remoção de materiais soltos, produtos de corrosão, limpeza de superfícies metálicas, remoção de tintas, ferrugens e incrustações de difícil remoção em estruturas, pisos, corte de concreto e metal, tubulações internas e externas, etc., porém, não promove perfil de rugosidade.
Consiste basicamente na limpeza com água a ultra pressão lançada sobre a superfície. Não são usados abrasivos, conseqüentemente os problemas causados pela geração de poeira e pela disposição de abrasivos são eliminados. É portanto próprio para superfícies anteriormente pintadas, onde já existia perfil de rugosidade

3.1 -Hidrojateamento - (SSPC-VIS 4/NACE VIS 7)

As referências fotográficas a seguir ilustram 5 das 7 condições inicais(1) descritas antes da preparação da superfície.

3.1.1. Condições Iniciais

Condição A (não ilustrada): superfície de aço completamente coberta de carepa de laminação intacta e aderente, com pouca ou nenhuma corrosão:

Condição B (não ilustrada): superfície de aço com princípio de corrosão atmosférica da qual a carepa de laminação tenha começado a desagregar.

Condição C: superfície de aço da qual a carepa de laminação tenha sido removida pela corrosão atmosférica ou possa ser retirada por meio de raspagem, podendo ainda apresentar alguns alvéolos;

Condição D: superfície de aço da qual a carepa de laminação tenha sido removida pela corrosão atmosférica e que apresenta corrosão alveolar de severa intensidade.

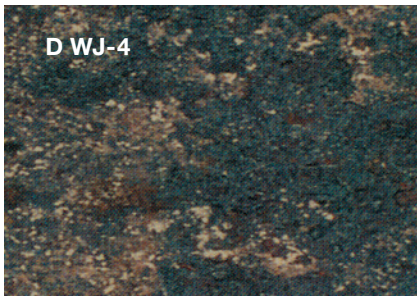
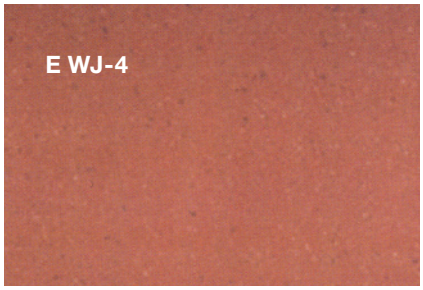
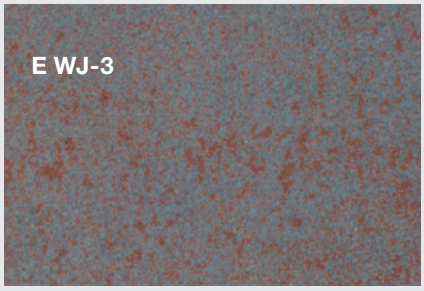
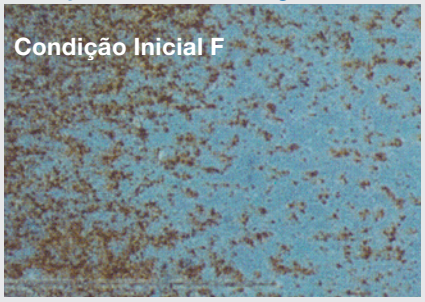
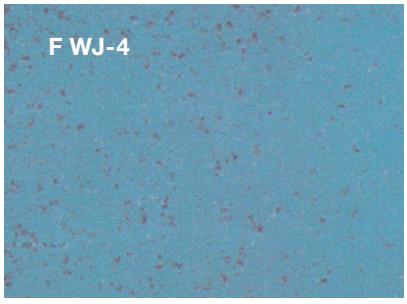
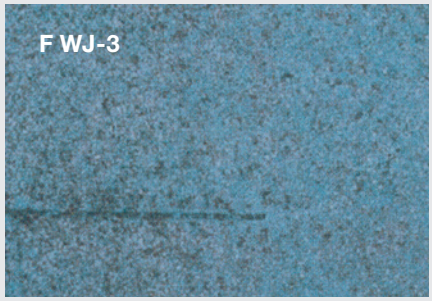
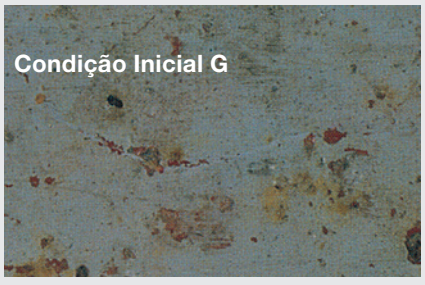
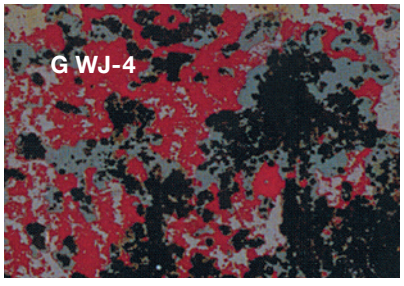
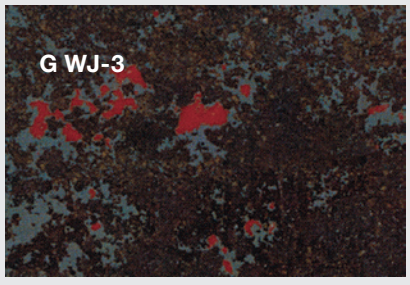
Condição E: superfície de aço previamente pintada; tinta levemente colorida aplicada sobre superfície limpa por jateamento; tinta na maior parte intacta.

Condição F: superfície de aço previamente pintada; tinta rica em zinco aplicada sobre aço limpo jateado; tinta na maior parte intacta.

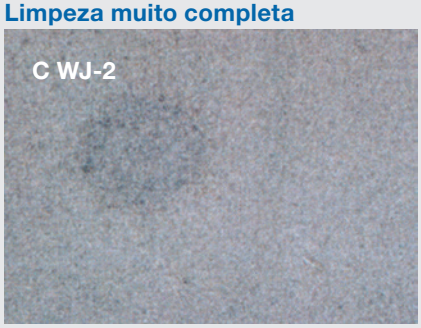
Condição G: sistema de pintura aplicado sobre aço contendo carepa de laminação; sistema completamente desbotado pela intempérie, completamente empolado, ou completamente manchado.

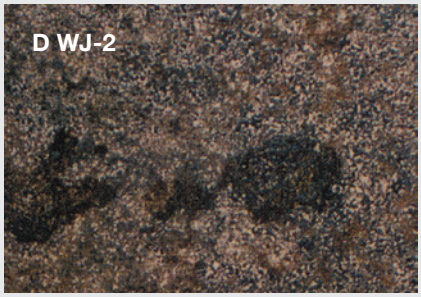
Condição H: sistema de pintura degradado aplicado sobre aço; sistema completamente desbotado pela intempérie, completamente empolado, ou completamente manchado.

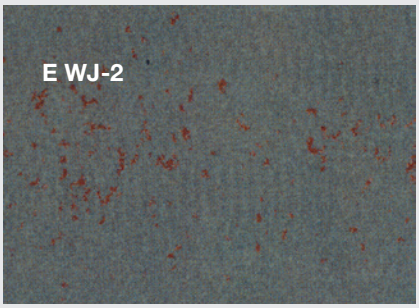
Seguem séries de fotografias que descrevem a condição inical do aço para as condições iniciais C, D, E, F, G, e H (conforme seção 3.1.1), e o aço previamente limpo para alcançar a WJ-1, WJ-2, WJ-3 e WJ-4 da SSPC-SP12/NACE.

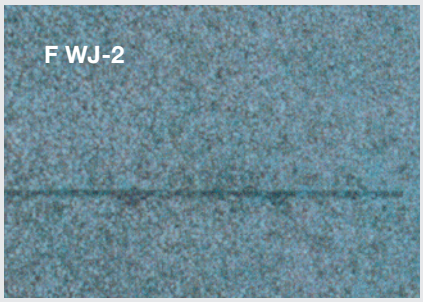
Hidrojato em corrosão grau C	Limpeza leve	Limpeza completa
Hidrojato em corrosão grau D		
		
Hidrojato em corrosão grau E		
		
Hidrojato em corrosão grau F		
		
Hidrojato em corrosão grau G		
		

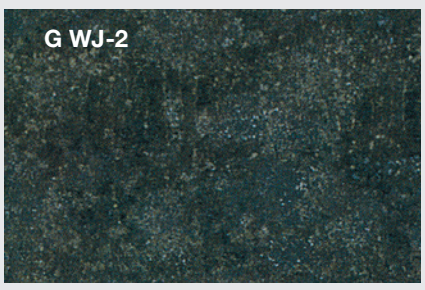
Limpeza muito completa



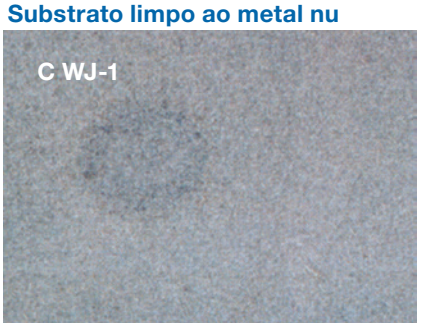


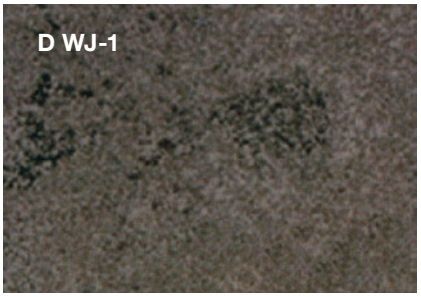


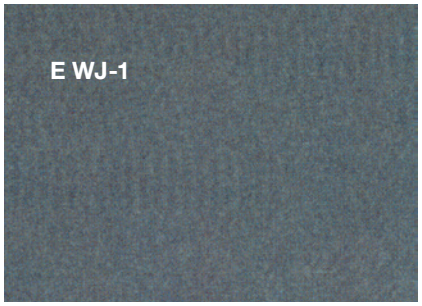


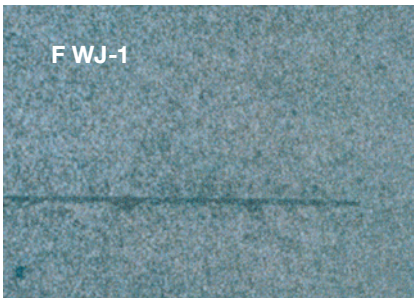


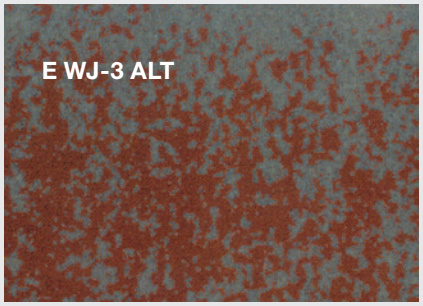
Substrato limpo ao metal nu







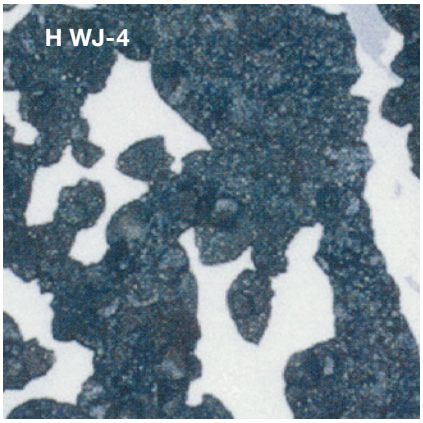




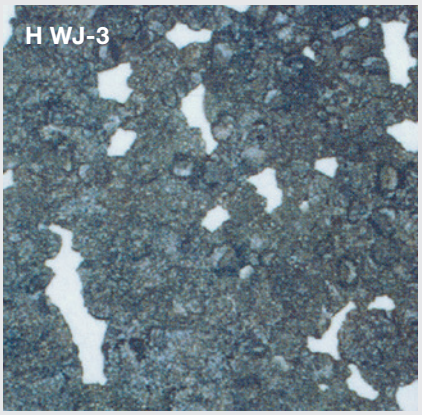
** E WJ-3 ALT é uma ilustração alternativa da condição WJ-3.*

Hidrojato em corrosão grau H

Limpeza leve



Limpeza completa



3.1.1.1. Outras condições

Quando é utilizado hidrojateamento para remover tinta e outros contaminantes do aço contendo carepa de laminação (condições A, B, e G), a carepa de laminação geralmente não é removida. Neste caso, a aparência do aço limpo poderia ser muito similar a condição A ou B.

3.1.2. Condição final

Os vários graus de limpeza, sem reoxidação (*flash rusting*), são descritos em SSPC-SP12/NACE nº 5 como:

WJ-1 Substrato limpo ao metal nu
WJ-2 Limpeza muito completa ou limpeza rigorosa
WJ-3 Limpeza completa
WJ-4 Limpeza leve

3.1.3. Observações

Superfícies do aço mostram variações na textura, tonalidade, cor, tom, corrosão localizada (*pitting*), floculamento e carepa, as quais deveriam ser consideradas quando feitas comparações com as fotografias de referências. Variações aceitáveis em aparência as quais não afetam a limpeza da superfície são: variações causadas pelo tipo de aço, condição original de superfície, espessura do aço, metal soldado, marcas de fabricação de laminadoras, tratamento térmico, zonas afetadas pelo calor e diferenças causadas pela técnica de limpeza inicial de jateamento abrasivo ou pela limpeza padrão.

Segue também uma tabela explicativa (tabela 2) que complementa as ilustrações.

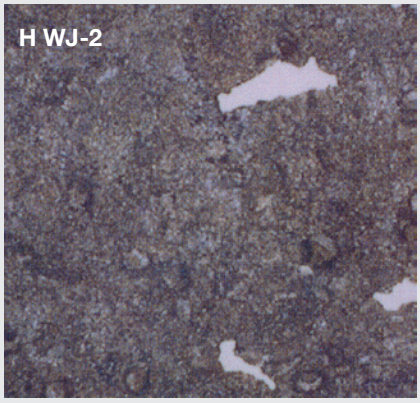
Tabela 2

Lista de fotografias de referência (sem *Flash Rust*) para diversas condições iniciais e quatro graus de limpeza						
Condição inicial da superfície	Condição C 100% Oxidação	Condição D 100% Oxidação com PITS	Condição E Tinta de cor leve aplicada sobre aço jateado	Condição F Tinta rica em zinco aplicada sobre aço jateado	Condição G Sistema de pintura com múltiplas camadas bem aderidas sobre aço com carepa de laminação	Condição H Sistema de pintura com múltiplas camadas deterioradas
WJ-1	C WJ-1	D WJ-1	E WJ-1	F WJ-1	G WJ-1	H WJ-1
WJ-2	C WJ-2	D WJ-2	E WJ-2	F WJ-2	G WJ-2	H WJ-2
WJ-3	C WJ-3	D WJ-3	E WJ-3	F WJ-3	G WJ-3	H WJ-3
WJ-4	C WJ-4	D WJ-4	E WJ-4	F WJ-4	G WJ-4	H WJ-4

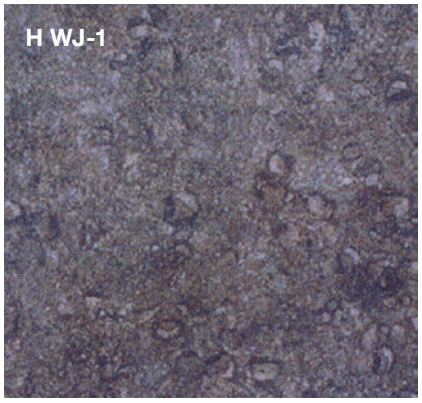
3.1.4. Reoxidação (Flash Rust)

As fotografias de referência a seguir ilustrarão 3 graus de reoxidação (C WJ-2L, C WJ 2M e C WJ-2 H, conforme será explicado na tabela 3 e suas respectivas ilustrações). Reoxidação ou florescência de oxidação é uma leve oxidação do aço, que ocorre no período de secagem após o hidrojateamento. Este muda rapidamente de aparência. A cor da reoxidação pode variar dependendo da idade e composição do aço e do tempo em que o aço permaneceu molhado, antes da secagem.

Limpeza muito completa



Substrato limpo ao metal nu



Segue a tabela 3 que complementa as ilustrações de reoxidação.

Tabela 3

Lista de fotografias de referência ilustrando níveis de Flash Rust				
Condição inicial da superfície				
	Condição C 100% Oxidação		Condição D 100% Oxidação com PITS	
Grau de Limpeza	WJ-2	WJ-3	WJ-2	WJ-3
Sem “Flash Rust” “Flash Rust” Leve “Flash Rust” Moderado “Flash Rust” Intenso	C WJ-2 C WJ-2 L C WJ-2 M C WJ-2 H	C WJ-3 C WJ-3 L C WJ-3 M C WJ-3 H	D WJ-2 D WJ-2 L D WJ-2 M D WJ-2 H	D WJ-3 D WJ-3 L D WJ-3 M D WJ-3 H

3.1.4.1. Sem “Flash Rust”

A superfície do aço, quando vista a olho nu não apresenta oxidação superficial visível.

3.1.4.2. “Flash Rust” Leve (L)

A superfície de aço, quando vista a olho nu, apresenta uma finíssima camada de oxidação com coloração amarelada ou levemente alaranjada, sendo facilmente observada no substrato de aço. A oxidação pode apresentar-se distribuída de forma uniforme, ou através de manchas localizadas, sendo fortemente aderida e de díficil remoção através da limpeza por meio de trapos.

3.1.4.3. “Flash Rust” Moderado (M)

A superfície de aço, quando vista a olho nu, apresenta uma fina camada de oxidação superficial com coloração que pode variar desde amarelada até alaranjada. que obscurece a superfície original do aço. A camada de oxidação pode ser distribuída uniformemente ou através de manchas localizadas, mas é razoavelmente bem aderida, causando ligeiras marcas em um trapo quando este é esfregado levemente sobre a superfície.

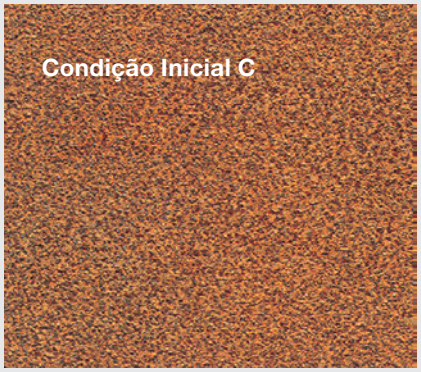
3.1.4.4. “Flash Rust” Intenso (H)

A superfície do aço, quando vista a olho nu apresenta uma camada de oxidação intensa com coloração que pode variar desde alaranjada até marrom. A camada de oxidação pode ser distribuída uniformemente ou apresentar-se sob a forma de manchas, mas a oxidação é fracamente aderida e de fácil remoção, deixando marcas significativas em um trapo quando esfregado levemente sobre a superfície.

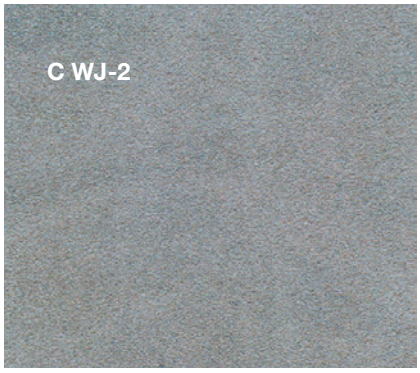
3.1.4.5. Aparência

É geralmente correto que, quando a superfície está ainda úmida ou molhada, esta parece ser mais escura e defeitos e variações na cor são ampliados. Como a superfície está secando formam-se listras que necessariamente não são descritas nesta unidade pequena de fotografias, mas que podem ser vistas claramente em áreas maiores. Se listras são aceitáveis ou não, deve ser discutido entre as partes contratantes. Um exemplo de listras pode ser visto em C WJ-3 e C WJ-2 M. Seguem as séries fotográficas que ilustram os níveis de *Flash Rust*, junto com uma tabela explicativa que complementa as ilustrações.

Níveis de Flash Rust em grau C após WJ2

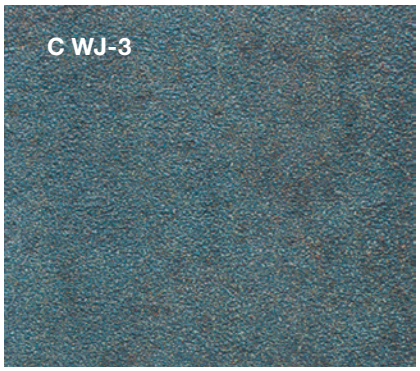


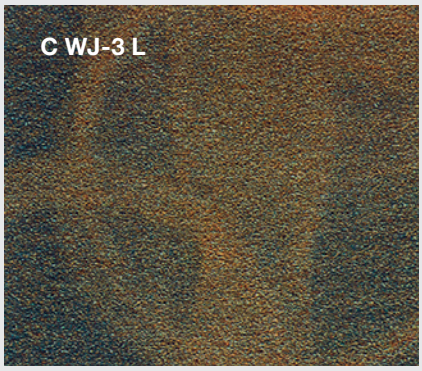
Sem “Flash Rust”



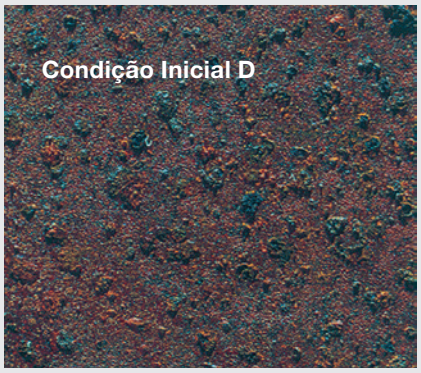
“Flash Rust” Leve

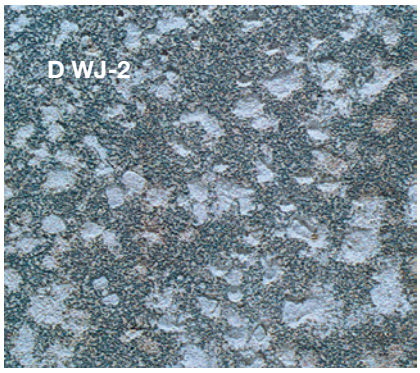
Níveis de Flash Rust em grau C após WJ3

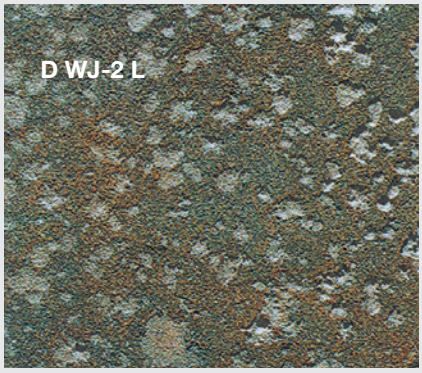




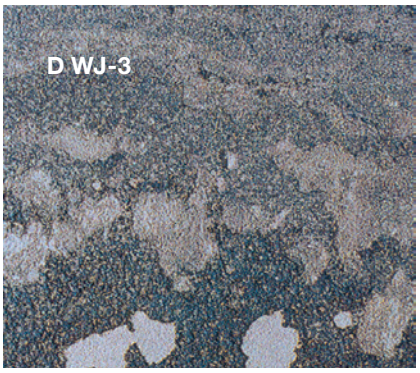
Níveis de Flash Rust em grau D após WJ2

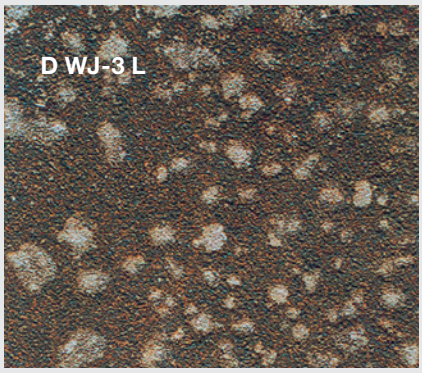




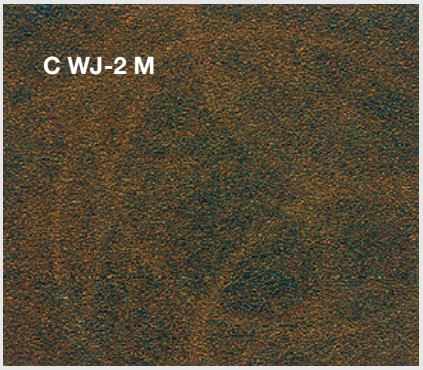


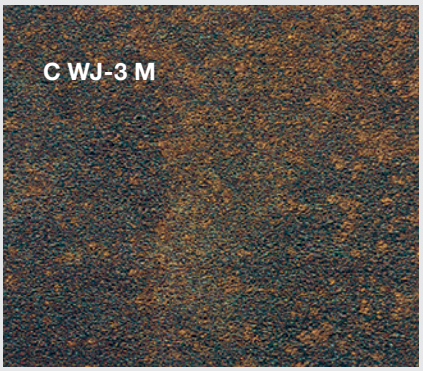
Níveis de Flash Rust em grau D após WJ3

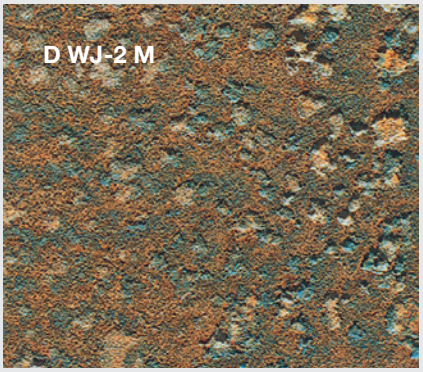


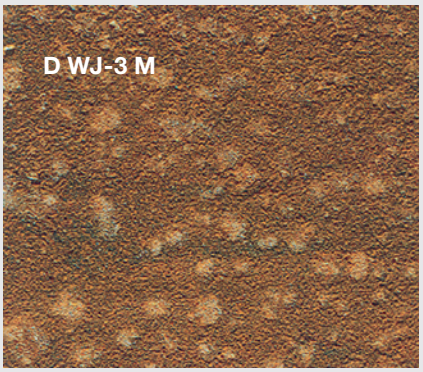


“Flash Rust” Moderado

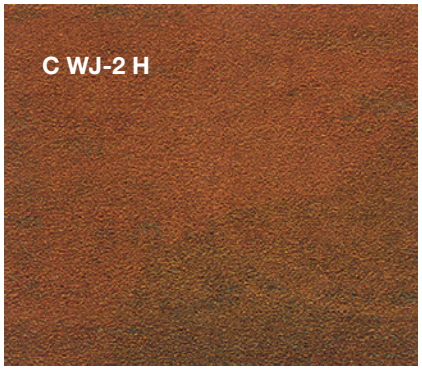


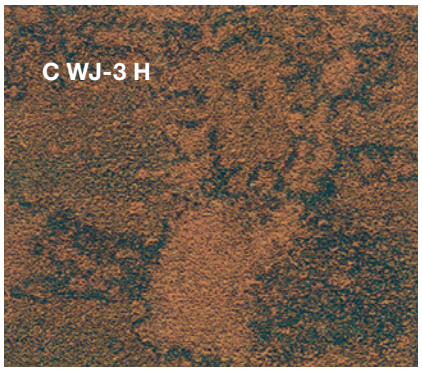


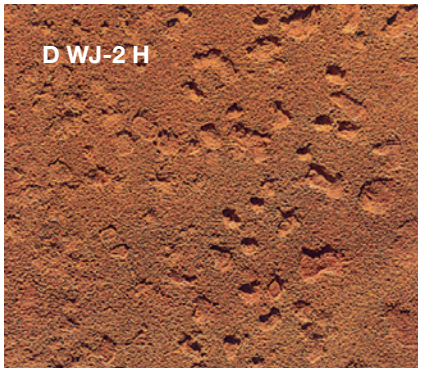




“Flash Rust” Intenso







4 - Aderência

A aderência de uma tinta ou de um sistema de pintura, é uma importante propriedade do revestimento a ser avaliado, no entanto, os conhecidos testes em “X” e em “#” executados conforme a norma da ABNT NBR 11003 trás poucas informações e resultados face as novas e mais modernas tintas, que a cada ano evoluem consideravelmente.

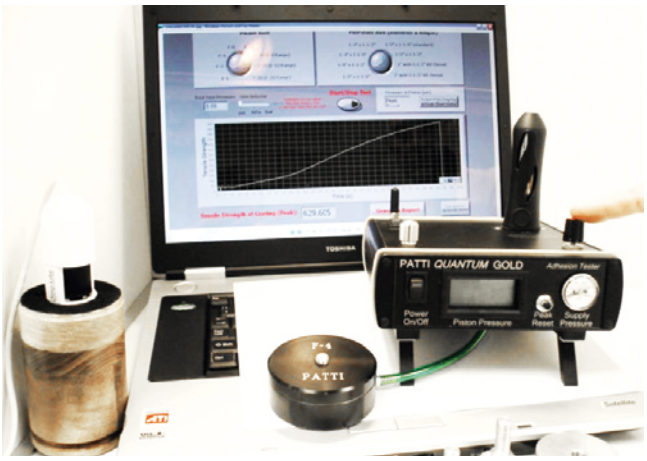
Em meio a isto, o ensaio de aderência pelo método de resistência à tração (pull-off test), segundo as normas ASTM D 4541 e ABNT NBR 15877, tem sido cada vez mais utilizado nos canteiros de obras. Este ensaio além de medir a tensão de ruptura, permite identificar a natureza da falha de aderência no revestimento.

Atualmente, a ASTM DE 4541 cita 5 tipos de métodos e equipamentos portáteis para realização do ensaio, a saber:

- A3 - auto alinhamento - aparelho tipo IV (Teste Método D)
- A4 - auto alinhamento - aparelho tipo V (Teste Método E)
- A5 - auto alinhamento - aparelho tipo VI (Teste Método F)

Para uma melhor visualização e comparação entre as normas vigentes da ASTM e ABNT apresentamos a seguir, uma série de ilustrações e comentários.

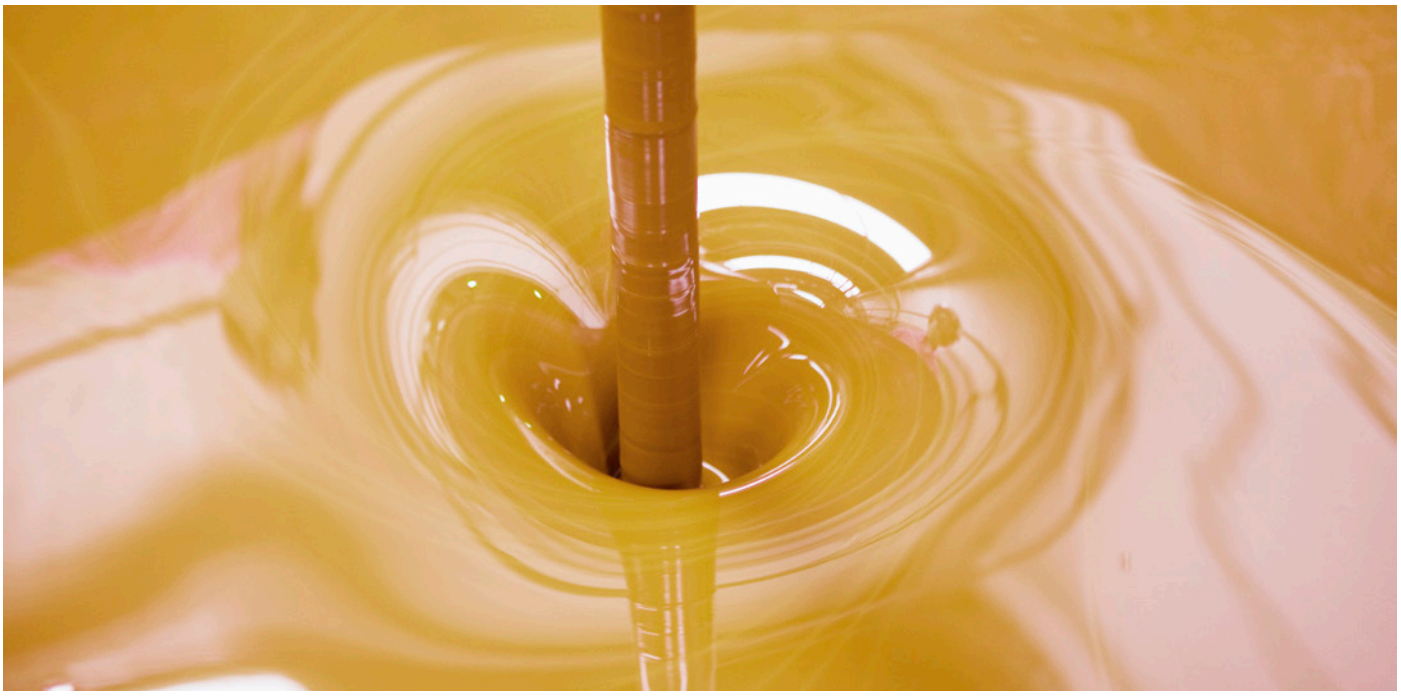
A3 - auto alinhamento - aparelho tipo IV (Teste Método D)



Este equipamento portátil, também é citado na norma da ABNT, encontrado como A2 – Dispositivo de acionamento pneumático.

A4 - auto alinhamento - aparelho tipo V (Teste Método E)

Existem 2 tipos de equipamentos portáteis hidráulicos, sendo um manual e outro automático, ambos também se enquadram na norma da ABNT, como A3 – Dispositivo de acionamento hidráulico.



A5 - auto alinhamento - aparelho tipo VI (Teste Método F)

Já este outro aparelho hidráulico é relativamente “novo” e foi incluído na última revisão da norma da ASTM D 4541 de 2009.

A norma ASTM D 4541 descreve que o seu procedimento foi desenvolvido para substratos metálicos, mas podendo também ser utilizado e apropriado para outros substratos rígidos tais como plásticos e madeira. Para o ensaio sobre concreto, outro método é descrito na norma ASTM D 7234.

Este teste é destrutivo e reparos localizados podem ser necessários, por isso, sempre que possível, o teste de aderência deve ser realizado em corpos de prova (réplicas) representativos da superfície que está sendo revestida, de forma a evitar danos na pintura.

É possível que ocorra variações nos resultados obtidos usando diferentes dispositivos ou diferentes substratos com o mesmo revestimento.

Neste catálogo, abordaremos detalhadamente o procedimento de preparação dos corpos de provas e execução do ensaio de aderência pelo método de resistência à tração com base no aparelho pneumático Tipo IV (Método de teste D), por meio do equipamento PATTI® e Quantum.

O ensaio de aderência pelo método de resistência à tração é executado prendendo-se um pino (peça de ensaio, carretel, parafuso, dolly, pull-stub) “do aparelho escolhido” de maneira perpendicular à superfície do revestimento com um adesivo.

Após a cura do adesivo, o pistão (ou o dispositivo de tração) do respectivo aparelho é conectado à peça de ensaio e alinhado para aplicar uma tensão perpendicular à superfície sob o ensaio.
A força aplicada ao pino é ajustada de acordo com o tipo de pistão escolhido para executar o ensaio.
Este ensaio é monitorado até que o pino se desprenda, ou um determinado valor seja atingido, obtendo-se na análise primária, a tensão máxima de ruptura que uma área da superfície pôde aguentar.

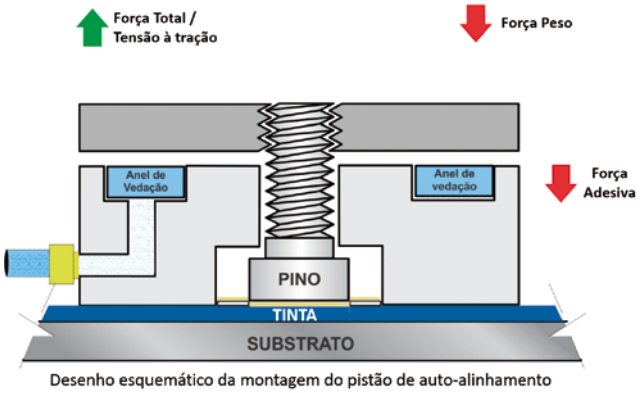
Quando o pino é desprendido, a superfície exposta, fraturada, representa a falha onde se iniciou a ruptura ao longo do plano mais fraco dentro do sistema composto pelo pino, pistão, adesivo, sistema de pintura e substrato, obtendo-se a análise secundária, a natureza da falha.

A natureza da falha é qualificada entre falhas adesivas e coesivas dentre as camadas reais envolvidas no seu sistema de pintura, devendo ser quantificado o percentual da falha, e quando observado mais de um tipo de falha, devendo ser quantificado e registrado o percentual de cada uma.

A resistência do revestimento ao estresse de arrancamento é calculada com base na pressão máxima de ruptura indicada no visor do aparelho, no peso e área do pistão, e na área do pino utilizado, que é a mesma área da superfície originalmente submetida à tensão.

Para maior agilidade, podemos utilizar as tabelas de conversão de cada tipo de pistão com o seu respectivo pino padrão (0,5 inch) fornecida pelos fabricantes dos equipamentos, convertendo a força atual aplicada à superfície de teste (tensão de ruptura) na tensão máxima de estresse de arrancamento (maior média de estresse aplicada durante o teste), valor este, que geralmente é expresso em “MPa, megapascal” ou “psi, libras por polegada quadrada”.

PATTI®
Pneumatic Adhesion Tensile Testing Instrument



Desenho esquemático da montagem do pistão de auto-alinhamento

A tensão de arrancamento aplicada a cada amostra de um determinado revestimento ou esquema de pintura também pode ser calculada utilizando a fórmula abaixo:

$$x = \frac{4F}{\pi d^2}$$

Onde:

X = É a tensão obtida no momento do arrancamento ou a maior tensão atingida nessa tentativa, expressa em megapascals (MPa) ou libras por polegada quadrada (psi);

F = É a força real aplicada sobre o dispositivo de carga (conjunto pistão, anel de vedação e pino), ficando:
$F = P_{Display} \times A_{Pistão} - P_{Pistão}$;

d = É o diâmetro do pino (carretel, dolly ou pull-stub), expresso em polegadas (pol).

Para melhor entendimento deste cálculo, apresentamos um exemplo prático a seguir considerando que um determinado teste tenha obtido a tensão no momento do arrancamento de 55 psig (PDisplay), utilizando um Pistão F-8 e o pino de 0,5 polegadas, temos:

$$F = P_{Display} \times A_{Pistão} - P_{Pistão}$$

$$F = 55 \times 7,91 - 0,505 \quad F = 434,54$$

$$x = \frac{4 \times 434,54}{3,1416 \times (0,5)^2} \quad x = \frac{1738,16}{3,1416 \times 0,25} \quad x = \frac{1738,16}{0,7854}$$

$$x = 2213,08 \text{ psi ou } 15,3 \text{ MPa}$$

A preparação do pino é um ponto que deve ser observada, uma vez que, a superfície de contato do pino com o adesivo deve ser limpa por jateamento abrasivo e o pó deve ser removido com escova macia. Também é requerido que a superfície do revestimento esteja limpa.

Um pino pode não aderir à superfície devido a uma pobre preparação da superfície. Mesmos os novos pinos não são considerados limpos, visto que algum residual é sempre deixado após o jateamento.

Qualquer método padrão de limpeza e desengorduramento de alumínio podem ser usados no pino e também, solventes suaves devem ser passados no seu revestimento para remover qualquer contaminante.

A superfície limpa não deve ser manipulada para evitar a contaminação a partir de óleos da pele, etc. Os pinos não devem ser reutilizados a menos que o adesivo seja cuidadosamente removido e a sua superfície seja limpa novamente.

O contato com a superfície do pino deve ser evitado para não contaminá-lo, devendo o mesmo ser utilizado no prazo máximo até 24 horas após a limpeza para melhores resultados (6).

A norma ASTM D 4541 (1) também indica dois métodos comprovados para a melhoria das forças de ligação adesiva às superfícies de metal (os Guias D 2651 e D 3933).

Outro ponto relevante e que deve ser observado é a redução da área do pino em função da sua reutilização ao longo dos ensaios, que resulta em uma maior tensão em uma menor área a ser tracionada por ocasião do teste, uma vez que o taxa de variação de pressão não é comumente ajustada para este desvio de área do pino.

É possível escolher dentre seis tamanhos diferentes de pistão, cada qual com uma faixa de carga que melhor se adequa a sua aplicação. Na Tabela descrita logo abaixo, apresentamos os pistões e as faixas de carga de cada um.

Tabela – Faixa de carga dos pistões

Pistão	Faixa de carga, usando o pino (pull-stub) de 12,7 mm (1/2") de diâmetro.		Diâmetro do pistão	
	PSI	MPa	mm	Polegada
F-1	50 – 500	0,3 - 3,4	44,5	1 3/4" (1.75")
F-2	100 - 1.000	0,6 - 6,9	57,0	2 1/4" (2.25")
F-4	200 - 2.000	1,3 - 13,8	76,0	3"
F-8	400 - 4.000	2,7 - 27,6	98,0	3 7/8" (3.875")
F-16	800 - 8.000	5,5 - 55,2	127,0	5"
F-8/12 (F-20) (3 Faixas de carga)	F-8; 400 – 4.000 F-12; 600 – 6.000 F-20; 1.000 – 10.000	F-8; 2,7 – 27,6 F-12; 4,1 – 41,3 F-20; 6,9 – 69	146,0	5 3/4" (5.75")

É recomendado que um pistão seja escolhido de forma que o ponto médio do alcance esteja próximo da força de tensão suspeita do revestimento a ser testado. Isto proverá resultados mais assertivos a força presumida do revestimento (1).

A área do pistão utilizada nos cálculos é a área de contato entre o anel de vedação e o prato de reação, sendo assumido que esta área, é a referência comercial do pistão, por exemplo: - Pistão F-8, tem a área de aproximadamente 8 in^2, podendo ser ligeiramente diferente.

Para executar o teste, assegure que válvula de vazão (sentido horário firme nos dedos) esteja fechada e então pressione e segure o botão de operação. Lentamente abra a válvula da vazão (sentido anti-horário) e monitore no manômetro/display de pressão do pistão para obter a taxa de aumento de pressão menor que 1 MPa/s (150 psi/s) permitindo ainda que o teste esteja completo dentro de 100 segundos, conforme norma ASTM D 4541.

O ponto relevante nesta etapa do ensaio, é que uma maior ou menor variação na taxa da tensão aplicada sobre o pistão irá interferir no valor do resultado. Desta forma, a técnica e a experiência do operador serão de relevante importância para o resultado.

Para que não ocorram resultados muito discrepantes em um mesmo revestimento em um mesmo local, podemos calcular a taxa de variação de pressão para cada tipo de pistão convertendo a taxa de variação de tensão no pino em taxa de variação de pressão no display do equipamento, utilizando as fórmulas abaixo, em conformidade com a taxa máxima de variação de pressão (tensão) no pino, $\Delta P_Pots=150$ psi/s.

Para melhor visualização da aplicação prática da fórmula, utilizamos a área de 7,91 in² do pistão F-8, com o pino padrão de 0,1964 in²:

Para a posição horizontal:

$$P_{Display} = \frac{\Delta P_{Pots} \times A_{Pino} + \frac{P_{Pistão}}{s}}{A_{Pistão}}$$

Ficando: $\Delta P_{Display} = 3{,}8 \ \frac{psi}{s}$.

Tabela de resultados do ajuste da taxa de variação de tensão no diplay do equipamento recomendado para cada tipo de pistão.						
F-1 30 psig/s	F-2 15 psig/s	F-4 7,5 psig/s	F-8 3,78 psig/s	F-12 2,5 psig/s	F-16 1,85 psig/s	F-20 1,5 psig/s

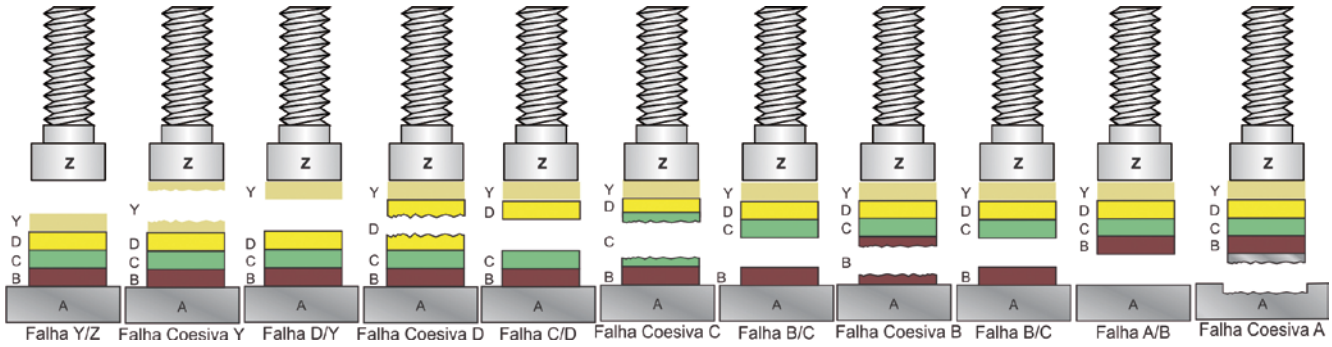
Não exceder a taxa de variação de tensão do display quando lido o resultado no manômetro digital do equipamento para estar em conformidade com a norma ASTM D 4541 e ABNT NBR 15877.

Como é possível perceber, quando estiver utilizando um pistão de tamanho maior, pode ser difícil realizar o teste em um ritmo lento o suficiente, por isso, uma solução pode ser dada utilizando um pistão de tamanho menor para obter um maior controle, lembrando que o pistão deve ser escolhido de forma que o ponto médio do alcance esteja próximo da força de tensão suspeita do revestimento a ser testado.

O ensaio de aderência pelo método de resistência à tração além dos valores da tensão de ruptura, geralmente expressos em MPa, possibilita realizarmos a análise da natureza da falha, que é o local onde ocorreu a ruptura que originou o desprendimento do pino metálico da superfície.

Tabela – Descrição da natureza da "falha de aderência"	
Classificação	Natureza da Falha
A	falha coesiva do substrato
A/B	falha adesiva entre o substrato e a primeira camada do revestimento
B	falha coesiva da primeira camada do revestimento (primer)
B/C	falha adesiva entre as camadas B e C
C	falha coesiva da camada C (intermediário)
C/D	falha adesiva entre as camadas C e D
D	falha coesiva da camada D (acabamento)
D/Y	falha adesiva entre a última camada de tinta e o adesivo
Y	falha coesiva do adesivo
Y/Z	falha adesiva entre o adesivo e o pino ("dolly")

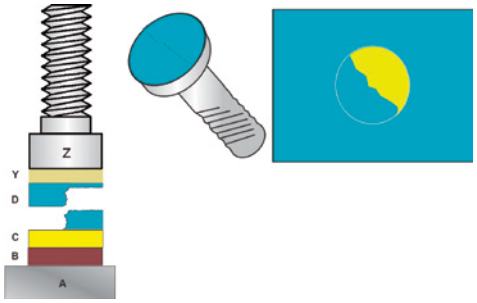
Para uma melhor visualização dos possíveis locais onde a falha de aderência pode ocorrer, apresentamos também de forma esquemática a ilustração abaixo.



Desenho esquemático dos tipos de "falhas de aderência".

Nesta análise secundária, também é registrado o percentual da falha, e quando observado mais do que um tipo de falha, é registrado o percentual de cada uma, como é mostrado de forma esquemática nas ilustrações ao lado.

Como neste exemplo, num esquema de pintura de 03 (três) demãos de tintas, observamos:
- 50% de falha adesiva C/D;
- e 50% de falha coesiva D (superficial).



O escopo de soluções do Grupo WEG não se limita aos produtos e soluções apresentados nesse catálogo.
Para conhecer nosso portfólio, consulte-nos.

Conheça as operações mundiais da WEG

www.weg.net

wegtintas

TINTAS

+55 (47) 3276.4000

tintas@weg.net

Guaramirim - SC - Brasil +55 (47) 3276.4000
Mauá - SP - Brasil +55 (11) 4547.6100
Cabo de Santo Agostinho - PE - Brasil +55 (81) 3512.3000
Betim - MG - Brasil +55 (31) 3268.0686
Buenos Aires - Argentina +54 (11) 4299.8000
Atotonilco de Tula - México +52 (55) 5321.4231

Cód: 50021433 | Rev: 21 | Data (m/a): 11/2023

Sujeito a alterações sem aviso prévio.
As informações contidas são valores de referência.