

# MANUAL DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Tintas e planos de pintura específicos para a solução anticorrosiva na manutenção industrial.



Motores | Automação | Energia | Transmissão & Distribuição | Tintas



## Tintas Líquidas

Linha de Produto	Descrição/Composição da linha
<b>W-THANE / LACKTHANE</b> Primer e acabamento poliuretano (PU)	Poliéster: Alifático Acrílico: Alifático
<b>W-POXI / LACKPOXI</b> Primer e acabamento epóxi	Amidas, aminas, alcatrão, rico em zinco, tolerantes a umidade, selador, isocianato
<b>W-LACK / ALKLACK</b> Primer e acabamento alquídico	Lacas nitrocelulose, alquídicos secagem a estufa, alquídicos secagem ao ar
<b>W-CRIL</b> Acabamento	Acrílica monocomponente
<b>W-ZINC</b> Primer	Silicato inorgânico de zinco
<b>W-TERM</b> Primer e acabamento	Base silicone (até 600°C) Base epóxi (até 220°C)
<b>Nobac</b> Sistema de revestimento antimicrobiano e antifúngico	Base Epóxi Base Poliuretano
<b>Normas Petrobras</b>	Tintas normalizadas Petrobras

## 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 1198 - Tipo I	Acabamento epóxi poliamina de baixa espessura e alta resistência química.	LACKPOXI N1198 I
*N 1198 - Tipo II	Acabamento epóxi poliamida de baixa espessura e alta resistência em ambientes úmidos.	LACKPOXI N1198 II
*N 1202	Primer epóxi bicomponente poliamida óxido de ferro.	LACKPOXI N1202
*N 1259	Acabamento fenólico bicomponente com pigmentação de alumínio.	ALKLACK N1259
*N 1265	Epóxi bicomponente poliamida alcatrão de hulha preto.	LACKPOXI N1265
N 1277	Epóxi poliamida bicomponente rico em zinco.	LACKPOXI N1277
*N 1342	Acabamento poliuretano alifático bicomponente.	LACKTHANE N1342
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 1761	Epóxi bicomponente poliamina Alcatrão de hulha.	LACKPOXI N1761
*N 2198	Primer epóxi isocianato alifático bicomponente de baixa espessura.	LACKPOXI N2198
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 2492	Acabamento alquídico brilhante.	ALKLACK N2492
N 2628	Acabamento epóxi poliamida bicomponente de alto teor de sólidos e alta espessura.	LACKPOXI N2628
N 2629	Acabamento epóxi poliamina bicomponente sem solvente.	LACKPOXI N2629
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 2851	Primer e acabamento epóxi poliamida formulado com pigmentação anticorrosiva e livre de alcatrão.	WEG TAR FREE 712 N 2851
N 2912	Primer Epóxi Novolac de alta espessura.	WEGPOXI BLOCK N 2912 TIPOS I, II e III

\* Normas canceladas pela Petrobrás, porém continuam em uso em algumas especificações.

## 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.



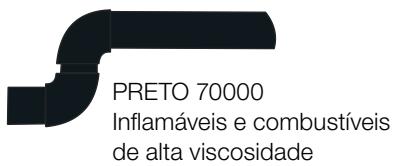
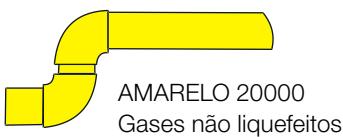
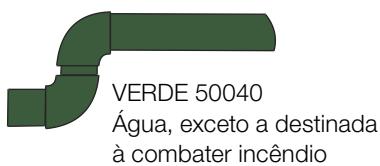
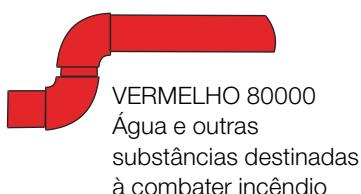
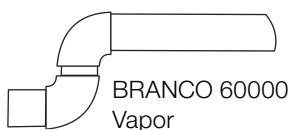
## Utilização das Cores

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.

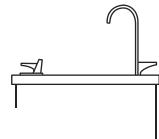
O uso da cor na sinalização permite uma reação automática do observador, evitando que a pessoa tenha que se deter diante do sinal, ler, analisar e só então atuar de acordo com sua finalidade. Para isso, torna-se necessário que haja uma uniformidade ou normalização na aplicação das cores, de modo que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



## Cores para Segurança



BRANCO 60000  
Área destinada a coletores de resíduo, bebedouros, áreas em torno de equipamentos de emergência, para demarcar corredores pelos quais circulam exclusivamente pessoas



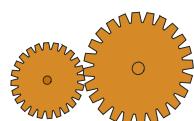
VERDE 50010  
Identificação de símbolos e equipamentos de segurança.



AMARELO 20000  
Indica "cuidado", como avisos de advertência, atenção a lugares perigosos.



AZUL 40010  
Empregado para indicar uma ação obrigatória, como o uso de EPI e impedir a movimentação ou energização de equipamentos (por exemplo: "não ligue essa chave", "não acione").



LARANJA 25000  
Sinaliza "perigo" com partes móveis em máquinas e equipamentos, e faces de proteções internas de caixas e dispositivos elétricos que possam ser abertas.



PRETO 70000  
Identifica coletores de resíduos, exceto os de origem de serviços de saúde.



VERMELHO 80000  
Identifica equipamentos de proteção e combate a incêndio, e a sua localização, inclusive portas e saída de emergência.

## 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 1250°C 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.



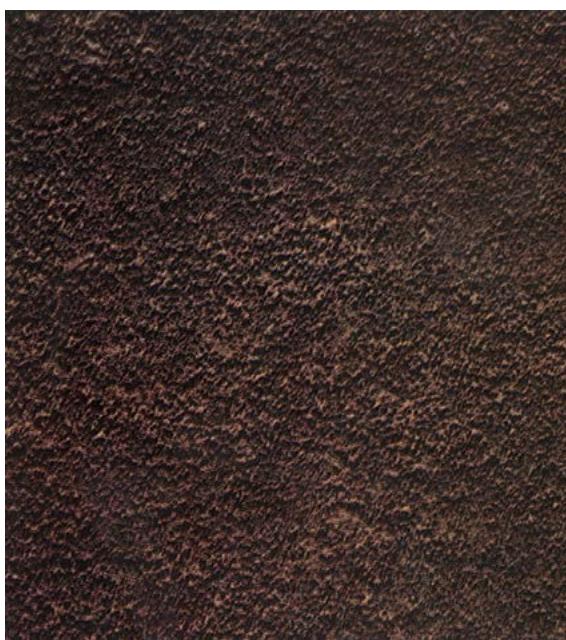
### **Grau B**

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



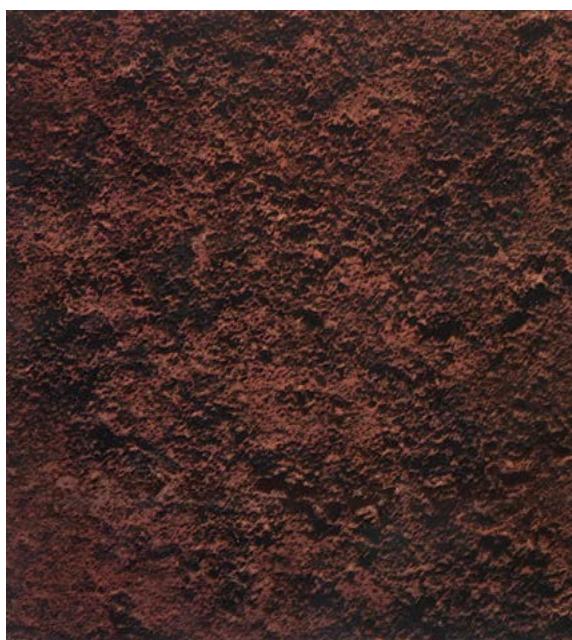
### **Grau C**

Superfície de aço onde toda carepa de laminação foi eliminada e na qual se observa uma corrosão atmosférica uniforme generalizada.



### **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

Os graus de preparação definidos pela Norma ISO 8501-1, são:

### 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 Manual St 2 (de acordo com a norma SSPC-SP2)

Consiste na remoção de óxidos e outros materiais não muito aderentes por meio de ferramentas manuais tais como: lixas, escovas e raspadores

(Padrões fotográficos: B St 2; C St 2 e D St 2)

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



Grau B

#### Limpeza Mecânica St 3 (de acordo com a norma SSPC-SP3)

Consiste na remoção da camada de óxidos e outros materiais não muito aderentes, por meio de ferramentas mecânicas manuais, tais como: escovas rotativas, marteletes de agulha (agulheiros), lixadeiras

(Padrões fotográficos: B St 3; C St 3 e D St 3)

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



Grau B



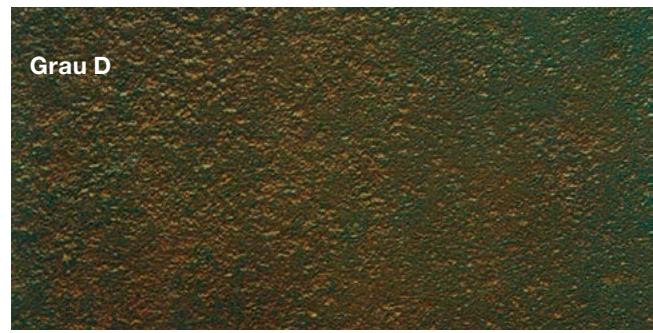
Grau C



Grau C



Grau D



## 2.2 - Limpeza por jateamento abrasivo

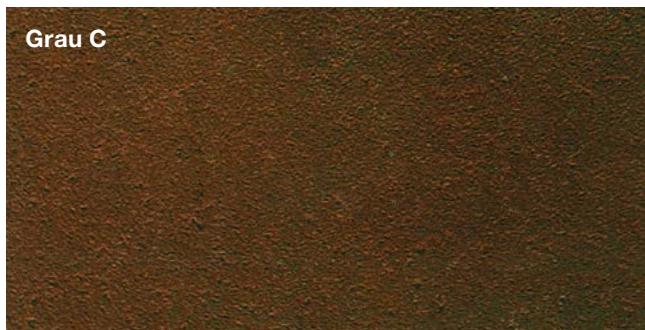
É obtido pela projeção, sobre a superfície, de partículas de abrasivo impulsionadas por um fluido, em geral o ar comprimido, criando perfil de rugosidade.

- 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

Conhecido como jateamento "ligeiro" (*brush-off*) ou jateamento de escovamento, em geral pouco empregado para pintura, exceto em algumas situações na repintura. A remoção de produto aderente situa-se na faixa de 5%. (Padrões fotográficos: B Sa 1; C Sa 1 e D Sa 1)

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



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

Conhecido como jateamento comercial, constitui uma limpeza de superfície com retirada de óxidos, carepa de laminação, tintas e outras em cerca de 50% da superfície. Todos os contaminantes residuais devem permanecer fortemente aderidos.

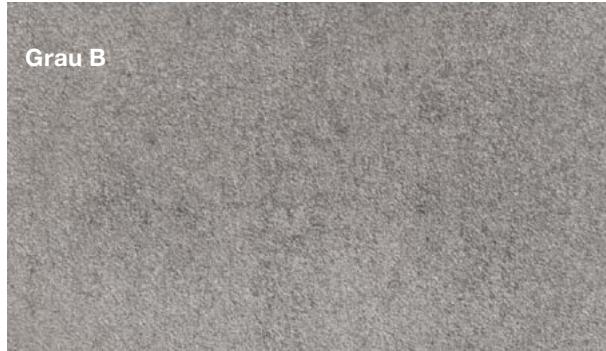
(Padrões fotográficos: B Sa 2; C Sa 2 e D Sa 2).

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



**Padrão Sa 2 1/2 (de acordo com a norma SSPC-SP10)**

Definida como jateamento ao metal quase branco. Limpeza promovendo a retirada quase total dos óxidos e carepa. Admite-se cerca de 5% da área limpa com ligeiras manchas ou sombras. (Padrões fotográficos: A Sa 2½; B Sa 2½; C Sa 2½; e D Sa 2½).

**Grau A****Grau B****Grau C****Grau D****Padrão Sa 3 (de acordo com a norma SSPC-SP5)**

Também chamada de jateamento ao metal branco, constitui uma limpeza com total remoção de óxidos e carepas, deixando a superfície do metal completamente limpa. Deve apresentar um aspecto metálico uniforme. (Padrões fotográficos: A Sa 3, B Sa 3; C Sa 3 e D Sa 3).

**Grau A****Grau B****Grau C****Grau D**

### 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	
<b>Granilha de aço (partículas angulosas) Conforme norma RP - SAE - J - 444a</b>			
Nº - G 80	0,42	40	60
Nº - G 50	0,7	25	85
<b>Nº - G 40</b>	<b>1,0</b>	<b>18</b>	<b>90</b>
Nº - G 25	1,2	16	100
Nº - G 16	1,7	12	200
<b>Granilha de aço (esféricas) Conforme norma RP - SAE - J - 444a</b>			
Nº S-110	0,6	30	50
Nº S-230	1,0	18	80
Nº S-280	1,2	16	85
<b>Nº S-330</b>	<b>1,4</b>	<b>14</b>	<b>90</b>
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.
- 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.

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

## 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, consequentemente 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 iniciais<sup>(1)</sup> 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.

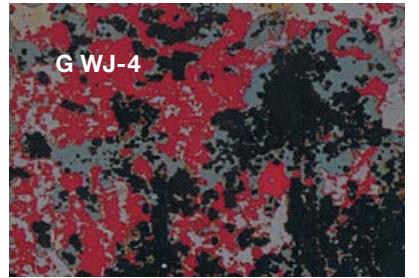
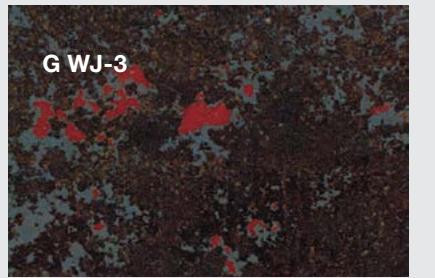
**Condição E:** superfície de aço previamente pintada; tinta levemente colorida aplicada sobre superfície limpa por jateamento; tinta na maior parte intacta.

**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.

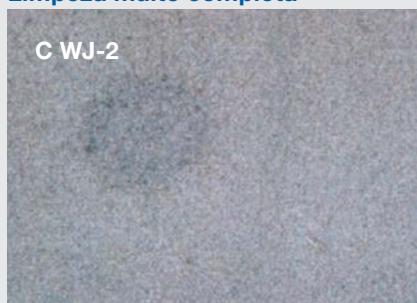
**Condição H:** sistema de pintura degradado aplicado sobre aço; sistema completamente desbotado pela intempérie, completamente empolado, ou completamente manchado.

Seguem séries de fotografias que descrevem a condição inicial 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****Condição Inicial C****Limpeza leve****C WJ-4****Limpeza completa****C WJ-3****Hidrojato em corrosão grau D****Condição Inicial D****D WJ-4****D WJ-3****Hidrojato em corrosão grau E****Condição Inicial E****E WJ-4****E WJ-3****Hidrojato em corrosão grau F****Condição Inicial F****F WJ-4****F WJ-3****Hidrojato em corrosão grau G****Condição Inicial G****G WJ-4****G WJ-3**

**Limpeza muito completa**

**C WJ-2**

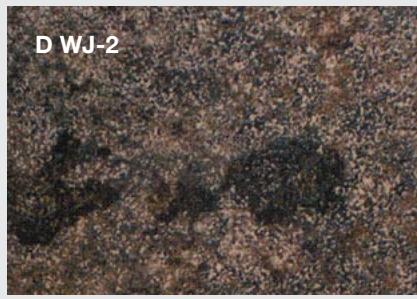


**Substrato limpo ao metal nu**

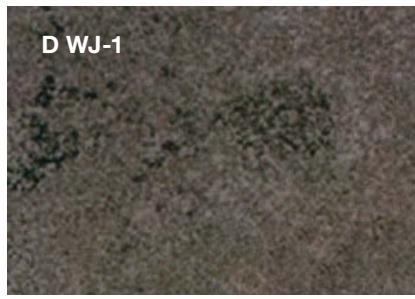
**C WJ-1**



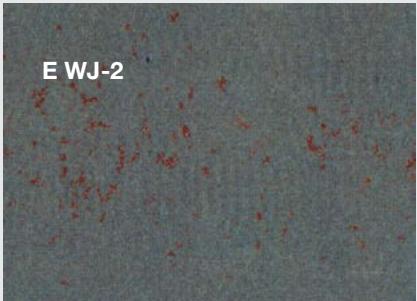
**D WJ-2**



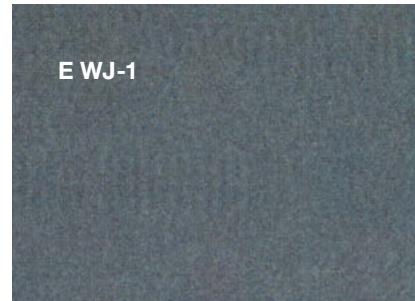
**D WJ-1**



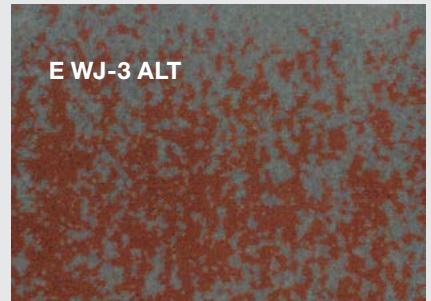
**E WJ-2**



**E WJ-1**

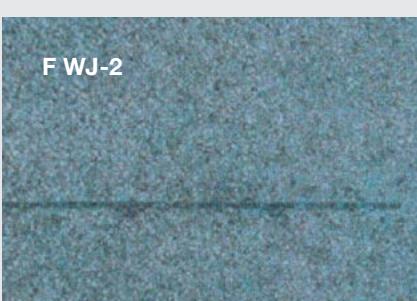


**E WJ-3 ALT**



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

**F WJ-2**



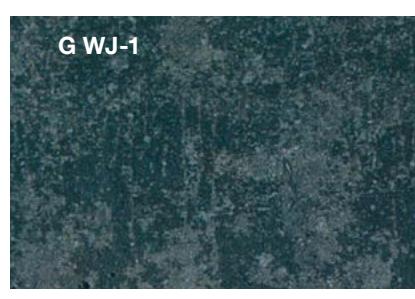
**F WJ-1**

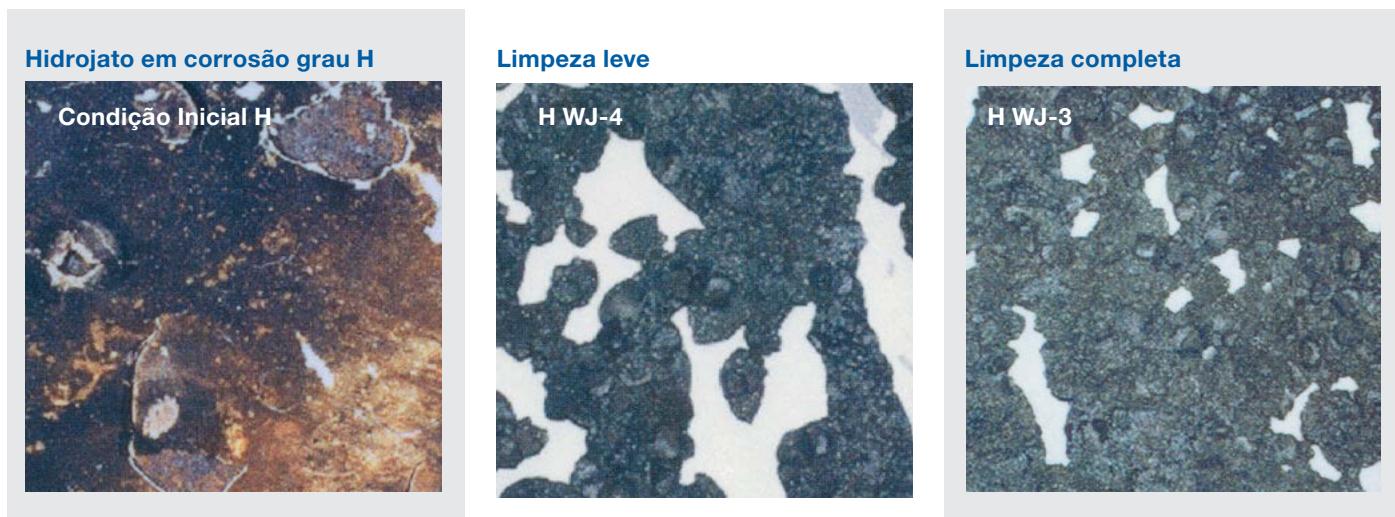


**G WJ-2**



**G WJ-1**





### 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 n° 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 <i>Flash Rust</i> ) 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-2, 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.





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"	C WJ-2	C WJ-3	D WJ-2	D WJ-3
"Flash Rust" Leve	C WJ-2 L	C WJ-3 L	D WJ-2 L	D WJ-3 L
"Flash Rust" Moderado	C WJ-2 M	C WJ-3 M	D WJ-2 M	D WJ-3 M
"Flash Rust" Intenso	C WJ-2 H	C WJ-3 H	D WJ-2 H	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 superficial na cor amarela/marrom, 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 difícil 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 na cor amarela/marrom 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 na cor vermelho/marrom que esconde completamente a condição inicial da superfície. 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**



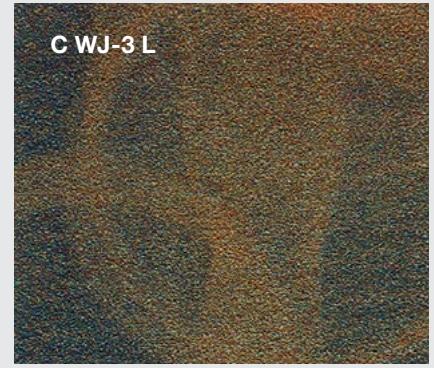
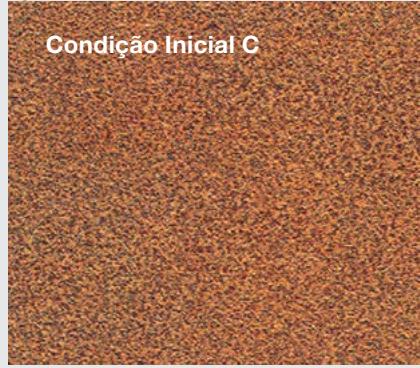
**Sem "Flash Rust"**



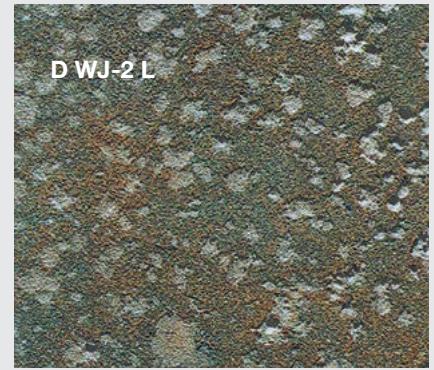
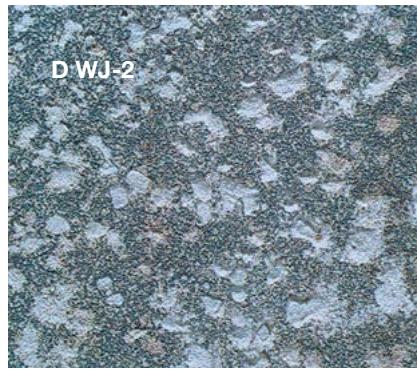
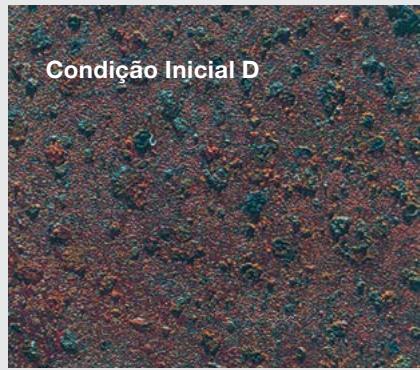
**"Flash Rust" Leve**



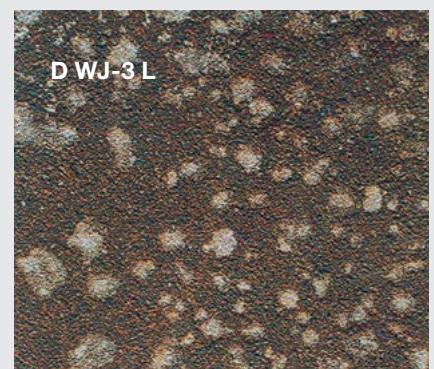
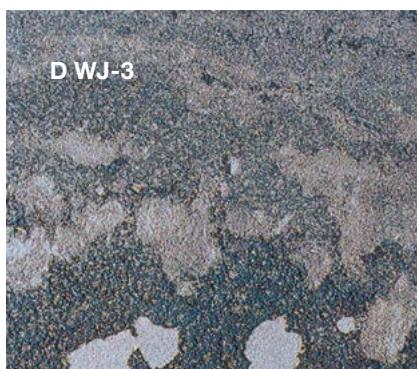
**Níveis de Flash Rust em grau C após WJ3**



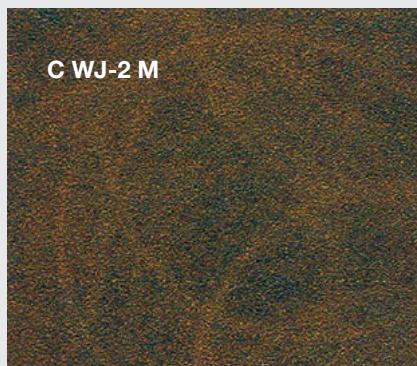
**Níveis de Flash Rust em grau D após WJ2**



**Níveis de Flash Rust em grau D após WJ3**



“Flash Rust” Moderado



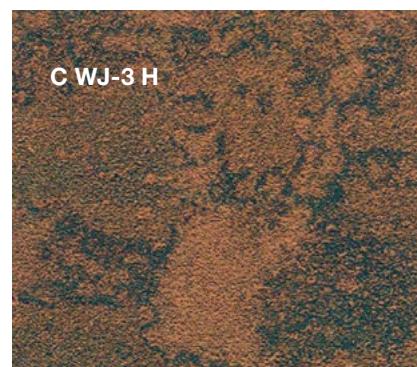
“Flash Rust” Intenso



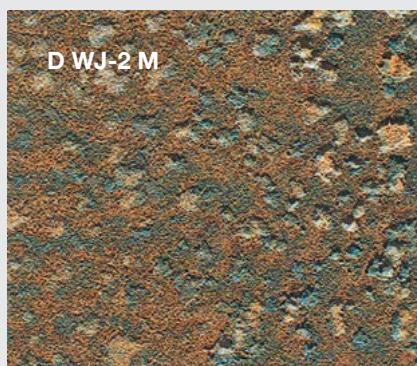
C WJ-3 M



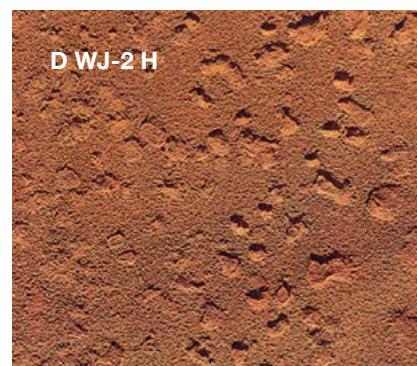
C WJ-3 H



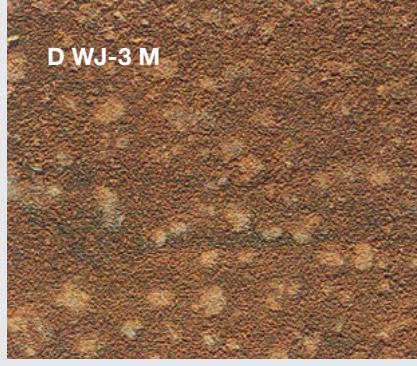
D WJ-2 M



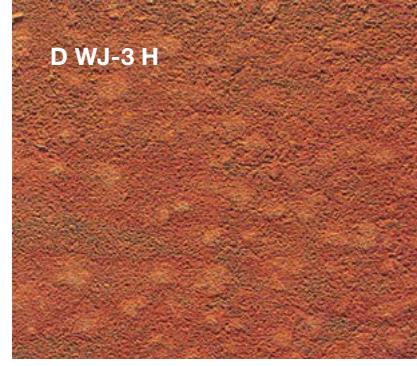
D WJ-2 H



D WJ-3 M



D WJ-3 H



## 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:

- A1 - alinhamento fixo - aparelho tipo II  
(Teste Método B)
- A2 - auto alinhamento - aparelho tipo III  
(Teste Método C)
- 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)

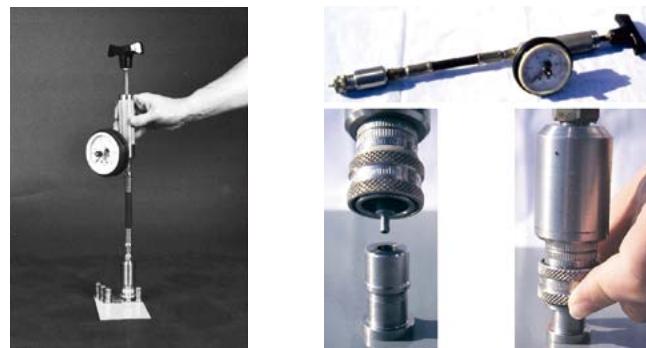
Para uma melhor visualização e comparação entre as normas vigentes da ASTM e ABNT apresentamos a seguir, uma série de ilustrações e comentários.

### A1 - alinhamento fixo - aparelho tipo II (Teste Método B)



Este equipamento portátil, também é citado na norma da ABNT, encontrado como A1 – Dispositivo de acionamento manual.

### A2 - auto alinhamento - aparelho tipo III (Teste Método C)



Fonte: Bill Corbett da KTA-Tator, Inc.

Dentre os tipos de aparelhos mais utilizados, o aparelho tipo PATTI se destaca e tem ganhado cada vez mais espaço na corrida entre os equipamentos.

### 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.

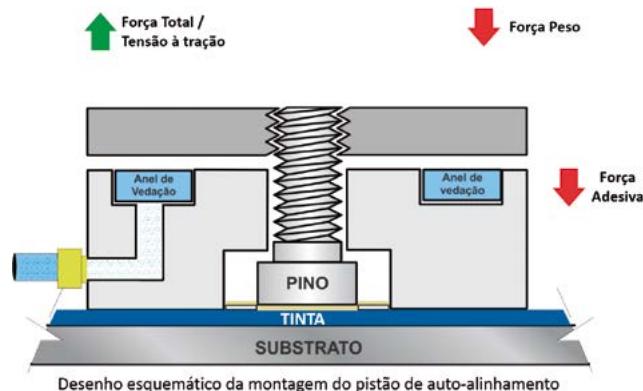
Quando o pino é desprendido, a superfície exposta, fraturada, representa a falha onde se iniciou a ruptura ao longo do plano mais fraco dentro do sistema composto pelo pino, pistão, adesivo, sistema de pintura e substrato, obtendo-se a análise secundária, a natureza da falha.

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



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);

$F = \text{É}$  a força real aplicada sobre o dispositivo de carga (conjunto pistão, anel de vedação e pino), ficando:

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

$d = \text{É}$  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:

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

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

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

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

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 a 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<sup>2</sup>, 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,  $\Delta P_{\text{Pots}}=150 \text{ psi/s}$ .

Para melhor visualização da aplicação prática da fórmula, utilizamos a área de 7,91 in<sup>2</sup> do pistão F-8, com o pino padrão de 0,1964 in<sup>2</sup>:

Para a posição horizontal:

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

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

Tabela de resultados do ajuste da taxa de variação de tensão no display 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.

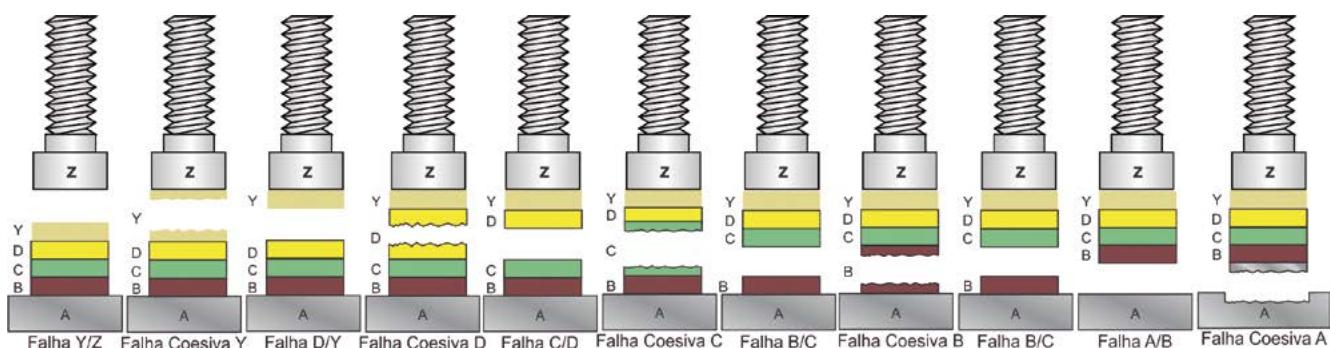
Como é possível perceber, quando estiver utilizando um pistão de tamanho maior, pode ser difícil realizar o teste em um ritmo lento o suficiente, por isso, uma solução pode ser dada utilizando um pistão de tamanho menor para obter um

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	falla coesiva do substrato
A/B	falla adesiva entre o substrato e a primeira camada do revestimento
B	falla coesiva da primeira camada do revestimento (primer)
B/C	falla adesiva entre as camadas B e C
C	falla coesiva da camada C (intermediário)
C/D	falla adesiva entre as camadas C e D
D	falla coesiva da camada D (acabamento)
D/Y	falla adesiva entre a última camada de tinta e o adesivo
Y	falla coesiva do adesivo
Y/Z	falla 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.

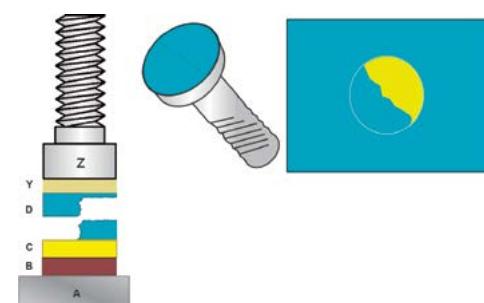


#### Desenho esquemático dos tipos de “falhas de aderência”.

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).



Conheça as operações  
mundiais da WEG



[www.weg.net](http://www.weg.net)



 +55 47 3276.4000

 [tintas@weg.net](mailto:tintas@weg.net)

 Guaramirim - SC - Brasil  
Mauá - SP - Brasil  
Cabo de Santo Agostinho - PE - Brasil  
Buenos Aires - Argentina  
Hidalgo - México