

MONTAGEM INDUSTRIAL

UNIDADE V – PINTURA



Pintura industrial

- A pintura industrial constitui-se no método de proteção anticorrosiva de maior utilização na vida moderna.
- Pela sua simplicidade, proteger por pintura tem sido exaustivamente utilizado em construções e em objetos confeccionados de aço.
- A pintura industrial é aquela cuja finalidade principal é a proteção anticorrosiva.



Pintura industrial

- Apresenta, porém, outras finalidades complementares, tais como:
 - Finalidade estética: torna a apresentação agradável.
 - Auxílio na segurança industrial.
 - Impermeabilização.
 - Diminuição da rugosidade de superfícies.
 - Facilitar a identificação de fluidos em tubulações e reservatórios.
 - Impedir a aderência da vida marinha ao casco das embarcações e bóias.
 - Permitir maior ou menor absorção de calor.
 - Identificação promocional.



5.1. Aplicação das tintas

● A aplicação das tintas obedece em geral ao seguinte esquema:

● **Preparação da superfície metálica**

- visa, principalmente, remover óleos, graxas, gorduras e principalmente produtos de corrosão (óxidos).

● **Aplicação da tinta de fundo ou *primer***

- as tintas de fundo ou *primer* são aplicadas em uma ou mais demãos e são normalmente responsáveis pela proteção anticorrosiva.

● **Aplicação de tinta de acabamento**

- as tintas de acabamento são aplicadas em uma ou demais demãos
 - destinam-se a conferir a cor final ao equipamento ou à instalação
 - funcionam como uma primeira barreira entre o eletrólito e a tinta de fundo
 - é conveniente que estas películas de tinta sejam o mais impermeáveis possível



5.1. Aplicação das tintas

● Os serviços de pintura em estruturas e equipamentos podem ser classificados em:

● Pintura de fábrica

■ executada antes do embarque para a montagem.

● Pintura de campo

■ iniciada antes da montagem, podendo ser concluída após a mesma.

● Pintura de retoque

■ para corrigir danos de transporte, armazenagem ou montagem.

● Pintura de manutenção

■ podendo ser total, parcial ou apenas de retoque, de acordo com o estado de corrosão das superfícies.



5.1.1. Espessura de películas recomendáveis

● Como primeira orientação, as espessuras usuais recomendáveis para os diversos ambientes corrosivos são:

- atmosfera altamente corrosiva 250 μm
- imersão permanente (imersão em água salgada) 300 μm
- superfícies quentes 75 a 120 μm
- atmosfera mediamente corrosiva 160 μm
- atmosfera pouco agressiva 120 μm



5.2. Equipamentos e processos de pintura

- A preparação da superfície metálica é definida pelo esquema de pintura, e este varia em função da natureza das tintas e do desempenho esperado pelo esquema de pintura.
- Existem vários métodos de limpeza de superfície, como:
 - limpeza mecânica,
 - limpeza química,
 - limpeza a fogo,
 - limpeza com vapor, etc.



5.2. Equipamentos e processos de pintura

● A preparação da superfície para pintura, por limpeza mecânica, envolve três operações:

● Inspeção

- deve-se proceder a uma inspeção visual geral da superfície

● Limpeza com solvente e remoção de defeitos superficiais

- nos locais onde haja óleo, graxa ou gordura deve-se proceder a limpeza com solvente

● Limpeza por ação mecânica

- após a limpeza com solvente e a remoção de defeitos superficiais, procede-se à limpeza da superfície, deixando a mesma com o grau de limpeza e com o perfil de rugosidade requeridos pelo esquema de pintura.



5.2. Equipamentos e processos de pintura

● Principais tipos de limpeza por ação mecânica:

● Limpeza manual.

- escovas de aço, raspadores, lixas, etc

● Limpeza com ferramentas mecânicas manuais.

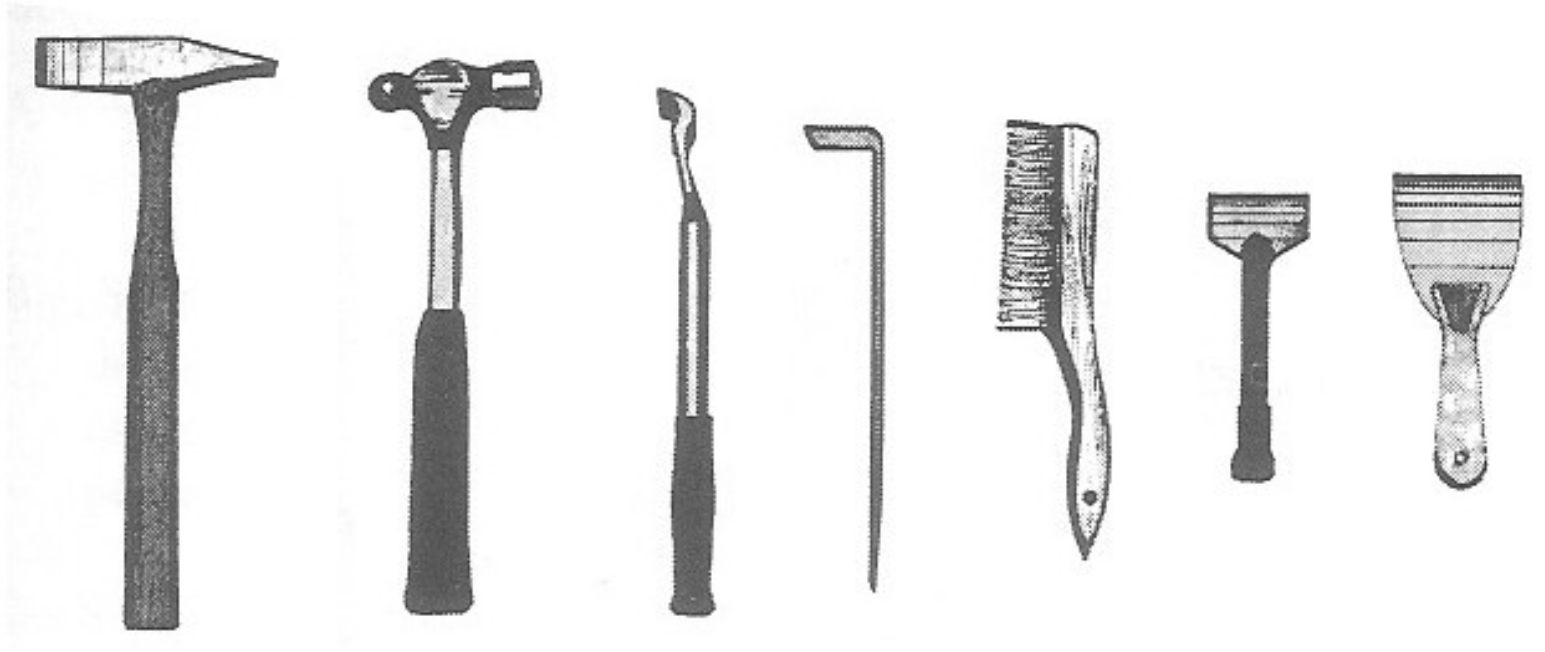
- escovas rotativas, martelletes de agulhas, lixadeiras, etc

● Limpeza com jateamento abrasivo.

- aplicação de um jato abrasivo de granalha de aço, granalhas sintéticas, esferas de aço, esferas de ferro fundido, esferas de vidro, escória de cobre, bauxita sinterizada, dentre outros



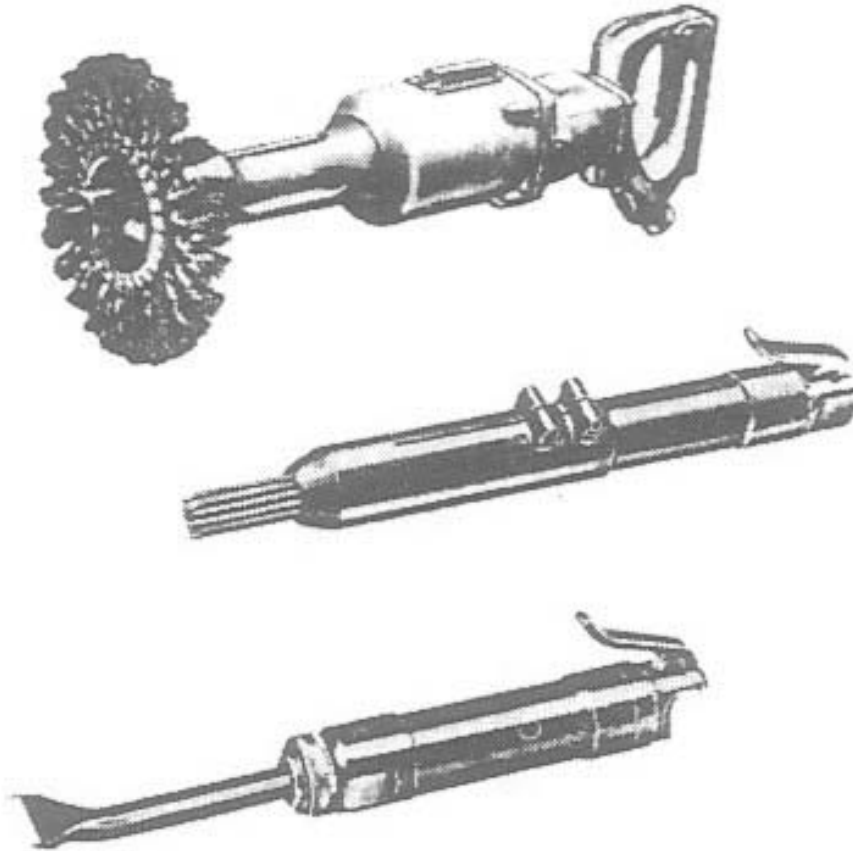
5.2. Equipamentos e processos de pintura



Exemplos de equipamento para limpeza manual



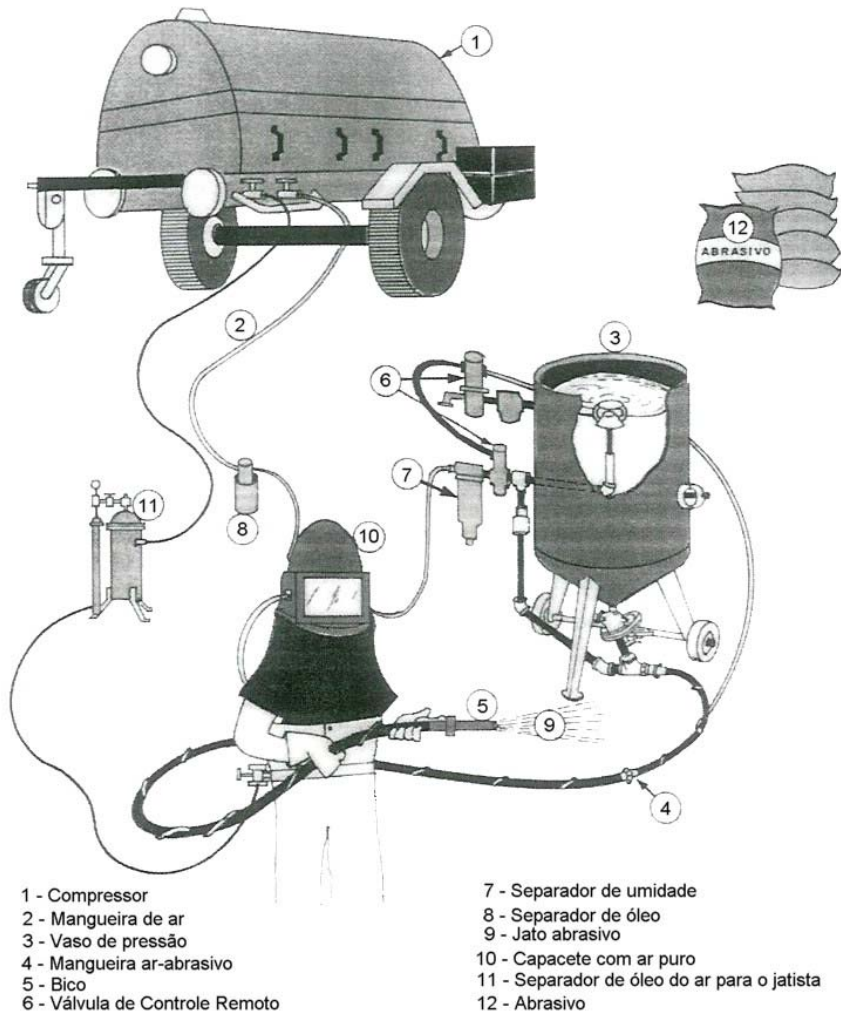
5.2. Equipamentos e processos de pintura



Exemplos de equipamento para limpeza com ferramentas mecânicas



5.2. Equipamentos e processos de pintura



Conjunto para jateamento abrasivo



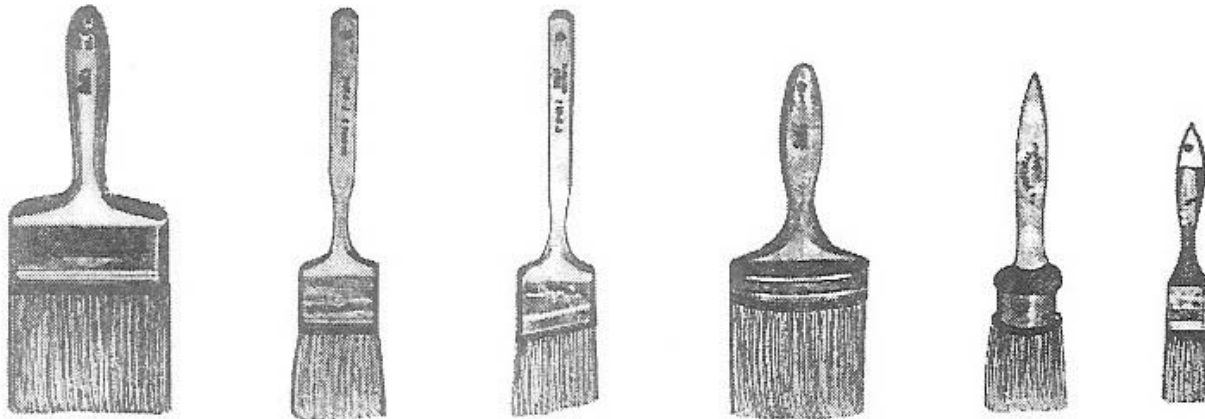
5.2.2. Métodos de aplicação das tintas

- A seleção adequada do método de aplicação e a observância de alguns requisitos básicos durante todo o processo de aplicação têm influencia tão grande no desempenho do esquema de pintura quanto às tintas utilizadas



5.2.2.1. Trincha

- é um método elementar de pintura
- ferramenta simples
- baixo custo
- não requer grande capacitação do aplicador



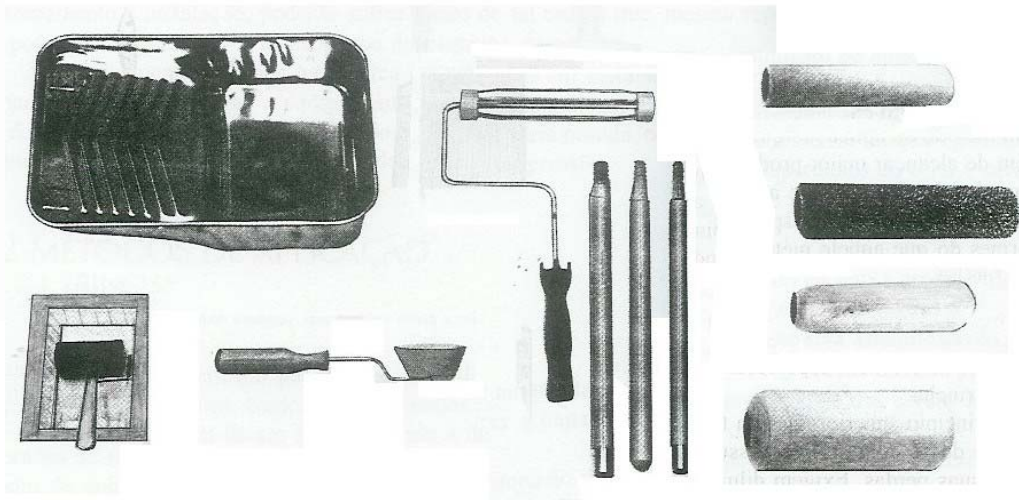
5.2.2.1. Trincha

- É o método mais indicado para a aplicação da primeira demão de tinta em:
 - cordões de solda
 - reentrâncias
 - cantos vivos
 - demais acidentes
 - onde os outros métodos de aplicação poderiam deixar falhas, devido à dificuldade de penetração
- Através da aplicação com trincha, consegue-se obter elevadas espessuras de película, pois a tinta pode ser aplicada sem diluição.
- É um método de baixa produtividade
- A perda de tinta durante a aplicação é mínima, normalmente não alcançando a 5%



5.2.2.2. Rolo

- É, junto com a pistola convencional (pistola a ar), o mais tradicional método de aplicação de tintas na pintura industrial executada no campo.
 - viabiliza a obtenção de elevadas espessuras por demão
 - alcança maior produtividade do que a trincha.



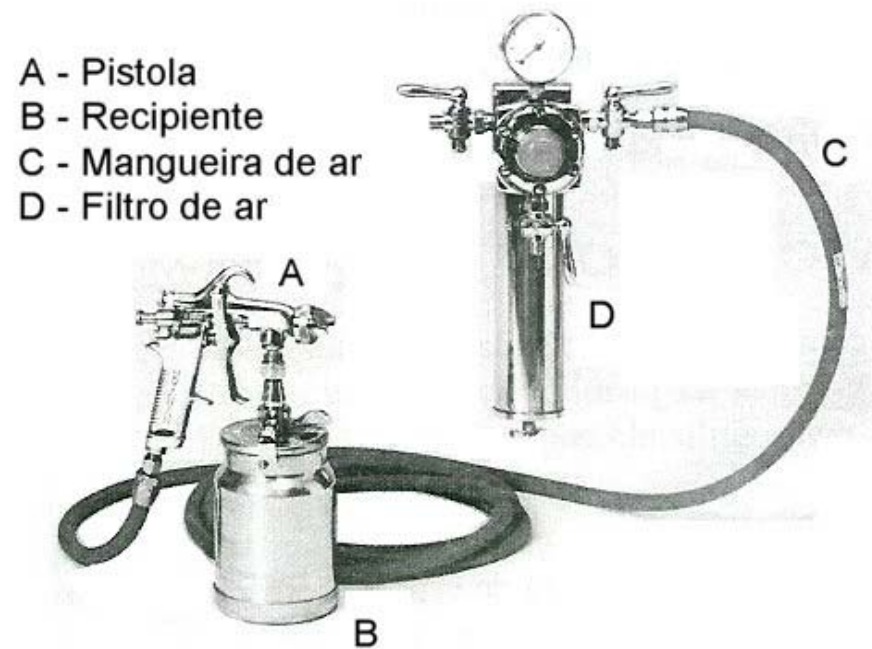
5.2.2.2. Rolo

- As perdas de tinta durante a aplicação são em princípio superiores às da trincha
 - devido principalmente a respingos
 - porém, o fato de se conseguir espessuras mais uniformes do que com trincha, tende a igualar suas perdas.
- Exigem diluição ligeiramente superiores à exigida pela trincha.
- O método de aplicação a rolo é aplicável à pintura de:
 - grandes áreas planas ou com grande raio de curvatura
 - na presença de ventos, onde a aplicação a pistola levaria a elevadas perdas de tinta
 - o mesmo conceito se aplica a tubulações de diâmetros variados.



5.2.2.3. Pistola convencional (a ar comprimido)

- Na pistola convencional, ou pistola a ar, a tinta depositada no recipiente é expulsa em direção ao bico da pistola pela ação da pressão do ar.
- É um método de aplicação de tinta muito utilizado em pintura industrial, não só na pintura de campo como na de oficina.

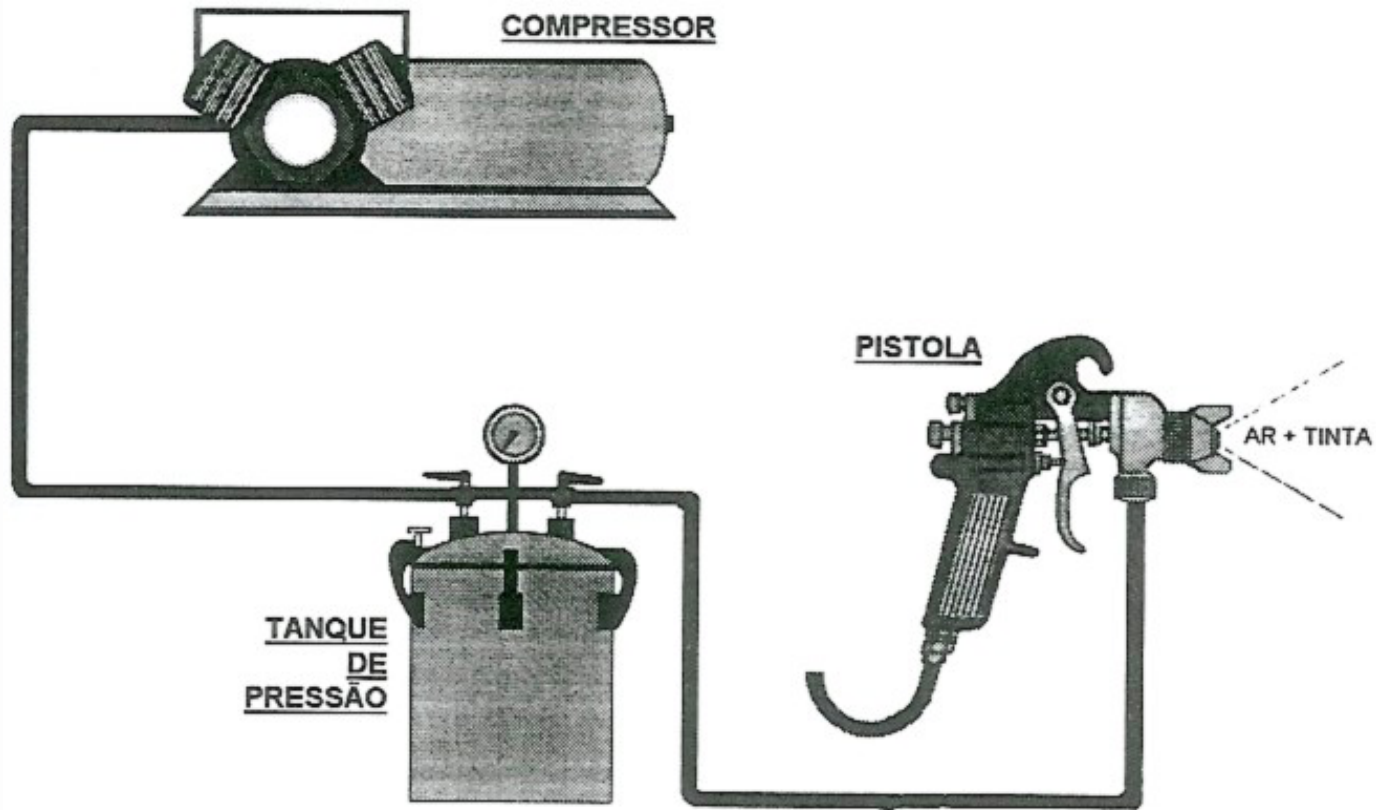


5.2.2.3. Pistola convencional (a ar comprimido)

- é um método de aplicação de tinta de grande produtividade
- permite obter espessura de película quase que constante ao longo de toda a superfície pintada,
 - o que não é possível com os métodos da trincha e do rolo.
- A aplicação de tinta pelo método da pistola convencional requer uma diluição da tinta com solvente maior do que em qualquer outro método, o que conduz às seguintes desvantagens:
 - redução da espessura da película úmida para seca, devido à evaporação do solvente, assim tintas de alta espessura ($> 100 \mu\text{m}$) devem ser aplicadas em mais de uma demão.
 - Podem ser observadas falhas na película seca, também devido à evaporação do solvente.
- O método de aplicação por pistola convencional apresenta ainda:
 - excessivas perdas de tinta durante a aplicação, da ordem de 25%,
 - riscos de segurança, quando a aplicação é feita em ambiente fechado, devido ao excessivo acúmulo de solventes.



5.2.2.3. Pistola convencional (a ar comprimido)



Esquema de instalação para aplicação de tintas com pistola convencional



5.2.2.4. Pistola sem ar (*Air-less*)

- A pistola sem ar é, dos métodos disponíveis para aplicação de tinta no campo, aquele que obtém a melhor qualidade de pintura e conseqüentemente o maior desempenho do esquema de pintura.
- Ao contrário da pistola convencional, que utiliza ar comprimido para atomização da tinta, a pintura sem ar utiliza uma bomba, acionada pneumaticamente, para pressurizar a tinta, e a energia com que a mesma chega ao bico da pistola provoca a pulverização.
- A não diluição com solvente permite:
 - a aplicação de tintas com elevadas espessuras por demão
 - minimiza, de forma significativa, as falhas das películas de tintas se comparadas com as aplicadas pelo método da pistola convencional, como os poros, crateras e bolhas.
- Permite a aplicação de tintas com propriedades uniformes em termos de espessura
- Baixa incidência de falhas
- Elevada produtividade
- Perdas de tinta na aplicação bastante reduzidas, da ordem de 15%.



5.2.2.5. Pintura eletrostática

- A pintura eletrostática é um método de aplicação de tintas muito utilizado na pintura de fábrica e somente há poucos anos passou a ser usada na aplicação de esquemas de pintura no campo
- Vem sendo largamente utilizada na pintura de tubos que são usados na construção de dutos enterrados ou submarinos.
 - Nestes casos, a aplicação da pintura nos tubos é feita na oficina, e as juntas de campo feitas eletrostaticamente no campo.
- O princípio da pintura eletrostática consiste em aplicar cargas elétricas na tinta e na superfície que se quer proteger, criando uma diferença de potencial da ordem de 10.000 volts que provoca a atração da tinta pela superfície.
- A atração eletrostática dá origem a películas de tinta bastante uniformes, não só em termos de espessura mas também em termos de propriedades.
- Elevada produtividade
- Reduzida perda de tinta
- As tintas utilizadas são especialmente fabricadas para este fim e são normalmente de preços elevados



5.3. Consumo de tintas

- Uma vez calculada a área a pintar, em m^2 /demão, pode parecer que bastaria multiplicar esta área pelo rendimento da tinta, em litros/ m^2 , para obter o consumo em litros
- Entretanto, a estimativa do consumo de tinta não é tão fácil assim
- O rendimento indicado pelos fabricantes é teórico
- Na prática este é afetado por diversos fatores, que poderão reduzir o rendimento prático a valores que podem chegar à metade do valor teórico



5.3. Consumo de tintas

- Entre os fatores que reduzem o rendimento teórico, podemos citar:
 - Perdas por evaporação do solvente
 - Qualidade na preparação da superfície (rugosidade)
 - Método de aplicação da tinta
 - Condições ambientais (vento, umidade)
 - Estado de corrosão da peça



5.3. Consumo de tintas

Tipo de pintura	Espessura	Consumo
Pintura de fundo	35 μm	5,5 m^2/l
	75 μm	3,8 m^2/l
	120 μm	2,2 m^2/l
Pintura de acabamento	20 μm	9,6 m^2/l
	30 μm	7 m^2/l
	120 μm	3,4 m^2/l



5.3. Consumo de tintas

● Perda de tintas

Método de aplicação	Perda
Pincel ou brocha	5% a 10%
Rolo	10% a 20%
Pistola, em local abrigado	20% a 35%
<i>Air-less</i> , chaparia em local abrigado	10% a 15%



5.4. Normas técnicas de pintura

- Não há dúvida de que, no Brasil, o maior e melhor acervo de normas técnicas de pintura pertence à PETROBRAS.
- As repercussões do acervo de normas técnicas da PETROBRAS tornaram-se quase que normais nacionais.
- A abordagem da PETROBRAS em termos de normas de pintura é sistêmica, contemplando:
 - Projeto de pintura:
 - consiste na seleção do esquema de pintura
 - Suprimento de materiais:
 - abrange as normas de especificação de tintas
 - Aplicação de tintas
 - Métodos de testes e controle da qualidade das tintas e da aplicação dos esquemas de pintura
 - Inspeção e manutenção dos diversos esquemas de pintura



5.5. Custos da pintura

- O custo da pintura deve ser compatível com a instalação a proteger.
- Deve-se avaliar o custo inicial, o custo de manutenção, o desempenho e a vida do esquema de pintura.
- De um modo geral, dois tipos de custo são importantes na pintura industrial:
 - o custo inicial
 - o custo de manutenção (retoques e repinturas).
- O custo inicial costuma, em geral, situar-se entre 3% e 5% do custo da instalação a ser protegida, e em casos excepcionais, da ordem de 10%.
- O custo de manutenção está associado ao esquema de pintura utilizado e ao meio corrosivo.
- O aspecto de danos mecânicos também é importante na decisão do esquema a utilizar.
 - Em locais muito sujeitos os danos mecânicos, como conveses, passadiços, pisos, etc., deve-se questionar o uso de esquemas caros e de baixa resistência à abrasão, que seriam danificados rapidamente.
- Em condições normais, a comparação de custos em pintura industrial deve ser efetuada prevendo-se uma duração entre sete e dez anos para os esquemas considerados.



5.5. Custos da pintura

● Custo inicial

$$C_i = C_l + C_t + C_a$$

C_i = custo inicial, por m².

C_l = custo de limpeza de superfície, por m².

C_t = custo das tintas, por m², para uma dada espessura.

C_a = custo da aplicação, por m².



5.5. Custos da pintura

● O custo da limpeza, de um modo geral, representa 40 a 60% do custo inicial de uma pintura e constitui-se na apropriação de todos os custos envolvidos na preparação da superfície:

- Custo da inspeção

- Custo da limpeza com solvente

 - material e mão-de-obra

- Custo da remoção de defeitos superficiais

 - material, amortização de equipamentos e mão-de-obra

- Custo da limpeza mecânica

 - custo de energia, abrasivos, mão-de-obra, amortização de equipamentos e outros



5.5. Custos da pintura

- O custo das tintas representa, de um modo geral, 20 a 40% do custo inicial de uma pintura e constitui-se no somatório dos custos das tintas referentes a cada demão aplicada.
- O custo de cada tinta é dado pelo quociente entre o preço do litro (ou galão) da tinta pelo rendimento real (ou prático).



5.5. Custos da pintura

● O custo da aplicação representa cerca de 10 a 30% do custo inicial de uma pintura e constitui-se na apropriação dos custos envolvidos que são:

- Custo da mão-de-obra
- Custo de materiais como solventes e outros materiais de limpeza
- Custo da energia (elétrica ou pneumática)
- Amortização de equipamentos



5.5. Custos da pintura

- O custo de manutenção de um esquema de pintura constitui-se no somatório dos custos de retoques com os custos de repintura.
- A determinação destes custos deve considerar a extensão dos retoques e as condições de repintura, já que a repintura pode ser parcial ou total.
- Na apropriação dos custos de retoques e repinturas, são considerados os mesmos fatores de custo mencionados na pintura inicial
 - custo da limpeza, das tintas e da aplicação, apenas com algumas nuances características do caso.



5.6. Mão-de-obra de pintura

- Os serviços de pintura podem ser executados:
 - pelas próprias empresas montadoras
 - por empresas especializadas, subcontratadas
- As equipes de trabalho são compostas por pintores, jatistas e ajudantes, comandados por um mestre (ou encarregado) de pintura



5.6. Mão-de-obra de pintura

● Podemos sugerir as seguintes composições para as equipes:

● Jateamento:

- 1 Mestre
- 2 Pintores
- 2 Jatistas
- 4 Ajudantes.

● Pintura de equipamentos e estruturas metálicas:

- 1 Mestre
- 6 Pintores
- 6 Ajudantes



5.7. Índices de montagem

● Pintura de estruturas metálicas

Tipo	Limpeza manual		Jato de granalha		Pintura / demão	
	Hh/m ²	Hh/t	Hh/m ²	Hh/t	Hh/m ²	Hh/t
Pesada (15 m ² /t)	1	25	1,1	25	0,25	6
Média (25 m ² /t)	1,4	50	1,2	40	0,30	10
Leve (35 m ² /t)	1,5	60	1,3	50	0,35	13



5.7. Índices de montagem

● Pintura de equipamentos (Hh/m²)

Superfície	Limpeza mecânica	Jato de granalha	Pintura / demão
Grande / regular (tanques, vasos, silos)	1,3	0,7	0,2
Média / irregular (bomba, ventilador)	1,7	0,9	0,3
Pequena / irregular (caixas, instrumentos)	2	1,1	0,3



5.7. Índices de montagem

● Pintura de tubulações

● Índices médios:

■ Limpeza mecânica	2,5 Hh/m ²
■ Jato de granalha	1 Hh/m ²
■ Pintura/ demão	0,3 Hh/m ²



5.7. Índices de montagem

● Pintura de tubulações

$\phi(\text{pol})$	Área (m^2/m)	Limpeza mecânica (Hh/m)	Jato de granalha (Hh/m)	Pintura (Hh/m)
1	0,13	0,4	0,17	0,05
2	0,21	0,6	0,27	0,08
3	0,30	0,8	0,34	0,10
4	0,39	1,0	0,42	0,12
6	0,57	1,4	0,62	0,18
8	0,73	1,8	0,75	0,22
10	0,90	2,2	0,92	0,26
12	1,07	2,5	1,03	0,31
16	1,36	2,9	1,23	0,37
20	1,68	3,4	1,41	0,42
24	2,00	4,0	1,68	0,50
30	2,50	4,5	1,97	0,60

