

DT-12

Treinamento Pintura Industrial com Tintas Líquidas



Motores | Automação | Energia | Transmissão & Distribuição | Tintas

Prefácio

No Brasil, atualmente temos tintas, resinas e diversas formulações que possuem tecnologia a nível internacional e de acordo com as mais modernas técnicas de proteção anticorrosiva utilizadas no segmento de pintura industrial.

O ponto relevante apesar do avanço tecnológico das tintas, é que cada vez mais, precisamos preparar mais pessoas, mais profissionais para as diversas atividades de seleção de esquemas de pintura, aplicação, controle de qualidade da aplicação e inspeção dos esquemas de pintura, não só durante a aplicação, mas também durante toda a vida útil à que foi projetado o esquema de pintura.

Esta apostila contém informações atualizadas em relação as novas tecnologias além de capítulos mais bem dispostos, para facilitar a compreensão do leitor.

Na atualização do conteúdo foram abordadas algumas importantes tendências no segmento da pintura industrial, a saber:

Novas tecnologias das tintas oferecidas ao mercado, como por exemplo, epóxis novolacs, epóxi polisiloxano e poliuretanos poliaspárticos.

Estão contemplados também novos métodos de tratamento de superfície, como por exemplo, o hidrojateamento com abrasivos, jateamento com esponjas abrasivas de poliuretano impregnadas com abrasivos e jato com cerdas, tecnologias consideradas “limpas”, de acordo com as novas regulamentações ambientais e exigências técnicas impostas para se obter maior longevidade dos esquemas de pintura.

É importante lembrar que este material é uma referência “inicial” para um universo de conhecimentos que está à disposição de qualquer pessoa que se motivar e se dedicar na busca novos aprendizados no universo químico, despertando assim para uma “curiosidade científica”.

1 SUMÁRIO

1	Conceitos importantes.....	7
2	Tintas.....	7
2.1	<i>Tintas Líquidas</i>	7
2.1.1	Componentes básicos	7
2.1.2	Processo de fabricação	14
2.1.3	Características das tintas	15
2.1.4	Fundamentos da pintura industrial	18
2.1.5	Cores na pintura industrial	19
2.1.6	Aspectos econômicos	21
3	Tipos de tintas.....	23
3.1	<i>Tintas com veículo não convertíveis</i>	24
3.1.1	Tintas acrílicas.....	24
3.1.2	Tintas de estirenoacrilato	24
3.1.3	Tintas de borracha clorada	24
3.1.4	Tintas vinílicas	25
3.1.5	Tintas de nitrocelulose	25
3.1.6	Outras tintas não convertíveis	25
3.2	<i>Tintas com veículos convertíveis convencionais</i>	25
3.2.1	Tintas a óleo.....	25
3.2.2	Tintas de resinas alquídicas modificadas com óleo	26
3.2.3	Tintas de resinas fenólicas modificadas com óleo	26
3.2.4	Tintas betuminosas	26
3.2.5	Tintas epóxi	26
3.2.6	Poliuretano	30
3.2.7	Tintas de silicone.....	31
3.3	<i>Tintas com veículos inorgânicos</i>	31
3.3.1	Silicato de etila	32
3.3.2	Silicatos Inorgânicos	32
4	Armazenamento de tintas.....	32
4.1	<i>Condições de armazenamento</i>	32
4.2	<i>Cuidados no armazenamento</i>	33
5	Corrosão.....	33
5.1	<i>Conceitos e importância da corrosão</i>	33
5.2	<i>Tipos de processo de corrosão</i>	35
5.2.1	Corrosão eletroquímica.....	36
5.2.2	Corrosão química.....	36
5.3	<i>Classificação dos processos corrosivos</i>	36
5.3.1	Formas de corrosão.....	38
5.4	<i>Mecanismo eletroquímico de corrosão</i>	40
5.4.1	Corrosão galvânica	41
5.4.2	Corrosão eletrolítica.....	42
5.4.3	Corrosão sob atrito	42
5.4.4	Corrosão por aeração diferencial	43
5.5	<i>Meios corrosivos</i>	44

5.5.1	Classificação dos ambientes corrosivos	44
6	Práticas de projeto	45
6.1	<i>Fatores importantes para analisar</i>	46
7	Preparação de superfícies.....	47
7.1	<i>Tipos de limpeza de superfície</i>	47
7.1.1	Limpeza química.....	47
7.1.2	Desengraxe com solvente.....	47
7.1.3	Limpeza com ferramentas manuais e mecânicas	48
7.1.4	Jateamento abrasivo	48
7.1.5	Hidrojateamento.....	53
7.2	<i>Metais e ligas ferrosas</i>	56
7.2.1	Carepa de laminação.....	56
7.2.2	Graus de intemperismo do aço	57
7.3	<i>Metais e ligas não ferrosas</i>	58
7.3.1	Chapas de alumínio.....	58
7.3.2	Chapas de cobre.....	59
7.4	<i>Galvanizados</i>	59
7.4.1	Aço galvanizado eletrolítico.....	59
7.4.2	Aço galvanizado a fogo.....	59
7.4.3	Aspersão térmica	60
7.5	<i>Superfícies já pintadas</i>	60
7.5.1	Retoques	60
7.5.2	Área com tinta danificada sem corrosão.....	60
7.5.3	Área com tinta danificada com corrosão	61
7.5.4	Manutenção geral	61
7.5.5	Repintura.....	61
8	Aplicação de tintas	61
8.1	<i>Capacitação do aplicador</i>	61
8.2	<i>Condições climáticas</i>	61
8.2.1	Ponto de orvalho	62
8.3	<i>Mistura homogeneização e diluição das tintas</i>	62
8.3.1	Tempo de vida útil (<i>pot life</i>).....	66
8.4	<i>Intervalo de tempo entre demãos</i>	66
8.5	<i>Tempos de secagem</i>	67
8.5.1	Determinação de secagem – Pintura de linha seriada	68
8.5.2	Determinação de secagem – Pintura de manutenção industrial.....	68
8.6	<i>Pintura na fábrica ou no campo</i>	69
8.7	<i>Métodos de aplicação</i>	69
8.7.1	Trincha (pincel de formato chato).....	69
8.7.2	Rolo	70
8.7.3	Pistola convencional.....	71
8.7.4	Pistola ser ar (<i>Airless</i>)	74
8.7.5	Pistola eletrostática	75
8.7.6	Imersão.....	76
9	Falhas e defeitos.....	77
9.1	<i>Causas de falhas e defeitos</i>	77

9.2	<i>Tipos de defeitos de película</i>	78
9.3	<i>Identificação, origens e correção de defeitos</i>	79
9.4	<i>Ações de prevenção de defeitos antes da aplicação</i>	93
9.4.1	Explicitação do esquema de pintura	93
9.4.2	Qualidade das tintas utilizadas	93
9.4.3	Treinamento e capacitação do pessoal	93
9.4.4	Elaboração de procedimentos de execução	93
9.4.5	Elaboração de procedimentos de inspeção	94
9.4.6	Calibração dos aparelhos e instrumentos de medição e testes	94
9.5	<i>Ações de prevenção de defeitos durante a aplicação</i>	94
9.5.1	Inspeção visual da superfície a ser pintada	94
9.5.2	Avaliação das condições atmosféricas	95
9.5.3	Inspeção de recebimento do abrasivo	95
9.5.4	Inspeção de recebimentos das tintas	95
9.5.5	Avaliação do grau de limpeza da superfície	96
9.5.6	Medição do perfil de rugosidade	96
9.5.7	Acompanhamento da mistura e diluição das tintas	96
9.5.8	Avaliação do método de aplicação das tintas	96
9.5.9	Ações de detecção de defeitos	96
9.5.10	Avaliação de eventuais falhas das películas de tinta	96
9.5.11	Medição das espessuras das películas de tinta	97
10	Controle de qualidade	98
10.1	<i>Responsabilidade pela qualidade</i>	98
10.2	<i>Sólidos por massa (não-voláteis em massa)</i>	98
10.3	<i>Sólidos por volume (não-voláteis em volume)</i>	98
10.4	<i>Massa específica</i>	99
10.5	<i>Viscosidade</i>	99
10.6	<i>Consistência</i>	99
10.7	<i>Estabilidade/sedimentação</i>	100
10.8	<i>Poder de cobertura</i>	100
10.9	<i>Finura de moagem (Dimensão das partículas do pigmento)</i>	101
10.10	<i>Natureza da resina</i>	102
10.11	<i>Dobramento sobre mandril cônico</i>	102
10.12	<i>Aderência (conforme norma ABNT NBR 11003)</i>	102
10.12.1	Método A – Corte em X	103
10.12.2	Método B - Corte em grade	104
10.13	<i>Medição da espessura da película úmida (EPU)</i>	105
10.14	<i>Resistência à névoa salina</i>	107
10.15	<i>Resistência à umidade relativa de 100%</i>	107
10.16	<i>Resistência ao SO₂</i>	107
10.17	<i>Ensaio de imersão</i>	108
10.18	<i>Ensaio de dureza</i>	108
10.19	<i>Brilho</i>	109
10.20	<i>Cor</i>	109

10.21	<i>Intemperismo</i>	109
11	Segurança	110
11.1	<i>Missão da segurança</i>	111
11.2	<i>Filosofia da segurança</i>	111
11.3	<i>Estatísticas dos acidentes</i>	111
11.4	<i>Manuseio de tintas e solventes</i>	111
11.5	<i>Cuidados no manuseio de tintas e vernizes</i>	112
11.6	<i>Sugestão de roteiro para consciência prevencionista</i>	113
11.7	<i>Trabalhos em tanques ou em outras áreas confinadas</i>	114
11.8	<i>Equipamentos de proteção individual – EPI</i>	116
	Referências Bibliográficas	120

Autor: Luiz Henrique Kondratsch, Seção de Serviço ao Cliente WEG Tintas Ltda.

Revisão: 06 – 28/02/2022.

Revisado por: Gabriela Nascimento

1 CONCEITOS IMPORTANTES

Inorgânico: São aqueles compostos formados pelos elementos diferentes do carbono e por alguns que contenham carbono de origem mineral.

Orgânico: são moléculas formadas por átomos de carbono ligados por meio de ligações covalentes entre si e com outros elementos.

Hidrocarbonetos: São um grupo de compostos que possuem apenas carbono e hidrogênio C_xH_y .

Polímeros: Os polímeros são substâncias químicas de alto peso molecular obtidos pela reação denominada polimerização, através da qual compostos químicos de baixo peso molecular (monômeros) reagem entre si para formar as macromoléculas. Como consequência deste tipo de reação, a estrutura da macro molécula é constituída pela repetição de unidades estruturais ligadas entre si por ligações covalentes.

Monômeros: o monômero é o composto químico que origina a unidades repetitivas que constituem a cadeia polimérica. A funcionalidade de um monômero é dada pelo número desses grupos funcionais existentes na molécula.

Oligômeros: é um polímero de baixo peso molecular, pois é constituído por um número pequeno de unidades repetitivas

Polimerização: é a reação química através da qual os monômeros se transformam no polímero.

2 TINTAS

Segundo a definição da norma *ABNT NBR 15156*, tinta é um produto líquido, pastoso ou em pó, com propriedades de formar película após secagem

ou cura. Esse filme tem características de proteger e embelezar a superfície a qual foi aplicada. Ademais, a tinta é constituída pelos seguintes componentes básicos: resinas, pigmento, aditivo, solvente.

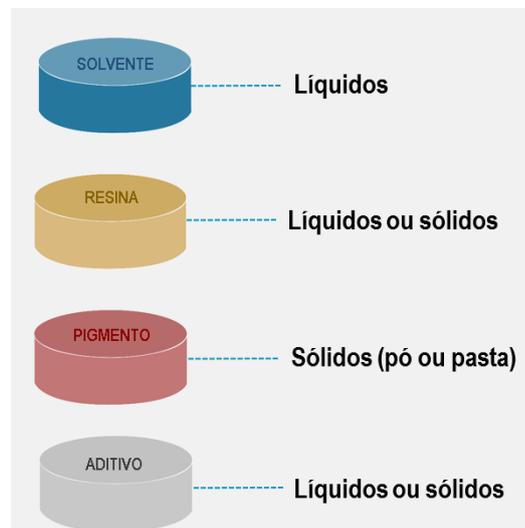


Figura 1: Componentes básicos de tintas

Como o foco do treinamento é sobre tintas líquidas os conceitos e tecnologias apresentados a seguir são referentes a esse tipo de tinta.

2.1 Tintas Líquidas

2.1.1 Componentes básicos

2.1.1.1 Resinas

A resina, é a parte não volátil da tinta a qual serve para aglomerar as partículas de pigmentos. Esse componente também denomina o tipo de tinta ou revestimento empregado, assim, as tintas levam o nome da resina básica que a constitui. A título de exemplo, tem-se tintas acrílicas, alquídicas, epoxídicas, entre outros. O denominado também veículo se constitui na parte fundamental da tinta, sendo de modo geral uma resina. É o constituinte que caracteriza a tinta. O veículo pode ser conceituado também como agregante da tinta, sendo responsável

- **Veículos não convertíveis:** são os veículos constituídos por substâncias com propriedades filmógenas, onde as tintas constituídas deste veículo, após a evaporação do solvente, formam a película seca. O veículo, neste caso, não sofre nenhuma reação química. Exemplos: resinas acrílicas, vinílicas e borrachas cloradas, composições betuminosas (asfaltos e piches), nitrato de celulose, estirenoacrilato, etc.
- **Veículos convertíveis:** são os veículos constituídos por substâncias que sofrem reação química após a aplicação da película de tinta. Incluem-se neste caso as tintas a óleo ou óleo modificadas que secam por oxidação e as tintas polimerizáveis, que secam por reação química de polimerização a temperatura ambiente ou elevada. Exemplos: tintas a óleo, alquídicas modificadas com óleo, fenólicas modificadas com óleo, silicones, epóxis, poliuretanas, etc., sendo as duas últimas citadas polimerizáveis.
- **Veículos inorgânicos:** são os veículos também convertíveis, porém de natureza inorgânica. Exemplos: os silicatos que dão origem ao silicato de zinco.

2.1.1.2 Solventes

Os solventes são compostos orgânicos 100% voláteis, que tem a função de solubilizar as resinas. São, de modo geral, necessários às tintas para conferir viscosidade adequada para sua aplicação, porém, esses componentes apresentam as seguintes desvantagens:

- Por representarem a parte volátil da tinta, após a secagem do filme, há uma redução da espessura da película. Isto é, a espessura medida quando o filme está molhado será diferente da espessura do filme seco.

- Pode provocar o aparecimento de poros e pontos fracos após a evaporação.
- Representa custo adicional às tintas, devido às perdas por evaporação;

Além disso, os solventes possuem diferentes estruturas químicas, poder de solvência, taxa de evaporação, ponto de ebulição e classificação de risco. Serão destacados nesse capítulo os seguintes tipos: os hidrocarbonetos (alifáticos ou aromáticos), glicóis, acetatos, cetonas, álcoois, ésteres e outros compostos orgânicos.

- **Hidrocarbonetos alifáticos:** Os mais usados são a naftas leves e a aguarrás mineral [$C_{10}H_{22}$].
- **Hidrocarbonetos aromáticos:** Os mais comuns são o tolueno (toluol, C_7H_8), xileno (xilol, C_8H_{10}) e as naftas aromáticas.
- **Ésteres:** São muito importantes para a indústria de tintas e seus derivados, uma vez que são excelentes solubilizantes sintéticos para resinas, tais como os acrílicos, o poliuretano e a celulose. Exemplos de ésteres: - O acetato de metila, acetato de etila, acetato de propila, acetato de isopropila e o acetato de butila e isobutila.
- **Álcoois:** A característica genérica dos álcoois é sua hidrossolubilidade. Exemplos de álcoois: Álcool metílico, álcool butílico, álcool isopropílico e outros.
- **Cetonas:** As cetonas são solventes orgânicos fortes e versáteis. Suas baixas densidades, combinadas com a forte solvência, fazem deles os solventes ideais para atender às regulamentações referentes aos compostos orgânicos voláteis, *Volatile Organic Compounds* (VOC). Segue abaixo alguns exemplos de uso extensivo nos revestimentos industriais: - Metil-

etil-cetona (MEK), a metil-isobutil-cetona (MIBK) e a ciclo-hexanona.

Nas tintas à base d' água, a água é o solvente utilizado, isto ocorre nas tintas de emulsão (látex), usadas na construção civil e nas tintas hidrossolúveis de uso industrial. A água usada como solvente deve ser tratada, pura, sem contaminantes e com pH neutro ou ligeiramente básico.

Somado a isso, tem-se que alguns formuladores de tintas classificam os solventes como “solventes verdadeiros” e “solventes auxiliares” em função da sua capacidade de solubilizar o veículo, assim:

- **Solventes verdadeiros:** São os solventes capazes de solubilizar o veículo. Exemplo: aguarrás (solvente verdadeiro para óleos e resinas modificadas com óleos); ésteres (solvente verdadeiro para acrílicas e vinílicas); cetonas (solvente verdadeiro para resinas epóxi, poliuretana, acrílica, etc.);
- **Solventes auxiliares:** São os solventes que sozinhos não são capazes de solubilizar o veículo, porém aumentam o poder de solubilização do solvente verdadeiro. Exemplo: tolueno (solvente auxiliar para as resinas acrílicas e vinílicas);

No mercado nacional de tintas, os solventes, também são conhecidos como diluentes, thinners, afinadores e redutores. Nomes diferentes para se referirem a diferentes misturas de solventes, contudo, alguns nomes se caracterizam e são mais conhecidos pela sua real utilização e custo.

- **Diluentes:** São componentes que embora não sendo solventes do veículo, contribuem para a diminuição da viscosidade (Diluir a tinta).

Geralmente composto por misturas de solventes de evaporação utilizados para diluir as tintas. Exemplos: Misturas de xileno, tolueno e glicóis (diluyente para tintas epóxi e poliuretana).

- **Thinner:** São misturas de solventes a base de cetonas (acetatos), glicóis (álcool), aromáticos e outros. Alguns tipos de thinners são recomendados para diluição de tintas à base de nitrocelulose e também são muito utilizados para limpeza de peças, máquinas e equipamentos para a pintura.

Na formulação de tintas de um modo geral, o fabricante utiliza uma mistura de solventes, procurando balancear sua proporção visando conseguir: uma boa solvência, tempo de secagem apropriado, perfeita formação da película, além, naturalmente do menor custo possível. Desta forma, não é recomendado o uso de um solvente de uma tinta em outra, até nos casos em que forem da mesma natureza química e especificação, porém de fabricantes diferentes. A regra mais adequada a seguir é adquirir solventes para acerto de viscosidade do mesmo fabricante da tinta.

2.1.1.3 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias em geral pulverulentas adicionadas à tinta para dar cor, encorpar a película ou conferir propriedades anticorrosivas, podendo ser classificados de acordo com:

- A natureza: em orgânicos e inorgânicos;
- A finalidade: em tintoriais, cargas, anticorrosivos e especiais;
- A ação: em ativos e inertes.

2.1.1.3.1 Classificação de acordo com a natureza

- **Pigmentos orgânicos:** os pigmentos orgânicos são utilizados principalmente para dar opacidade e cor, ou seja, com objetivo tintorial. Eles se caracterizam por ser de baixa densidade, possuir alto brilho e fraca resistência química e a ação de raios ultravioleta do sol.
- **Pigmentos inorgânicos:** os pigmentos inorgânicos são utilizados também com o objetivo tintorial, porém podem ser usados como cargas e como anticorrosivos. Eles se caracterizam por ser de maior densidade que os primeiros, possuir menos brilho e maior resistência química e a ação de raios ultravioletas.

2.1.1.3.2 Classificação de acordo com a finalidade tintorial

São os pigmentos utilizados para dar opacidade e cor. Eles são adicionados às tintas com a finalidade de cobrir o substrato. Abaixo, segue os principais pigmentos opacificantes:

- **Pigmentos brancos:** Os pigmentos brancos são todos de natureza inorgânica, dentre eles, o mais importante é o dióxido de titânio (TiO_2), sendo considerado uma matéria-prima básica na formulação de tintas. Existem duas variedades: o rutilo e o anatásio, que diferem em sua forma cristalina, sendo o rutilo de maior opacidade e resistência a luz, mas de menor brancura que o anatásio.

- **Pigmentos amarelos:** amarelo hansa, amarelo de cromo, amarelo de cádmio, amarelo de zinco, dentre outros;
- **Pigmentos azuis:** azuis de ftalocianina, azul molibdato, azul da Prússia e azul ultramarino;
- **Pigmentos laranjas:** laranja de cromo (cromato básico de chumbo), laranja molibdato, laranja bezendina e laranja dinitronilina;
- **Pigmentos verdes:** verdes de ftalocianina (azul de ftalocianina clorado), verdes de cromo (azul da Prússia e amarelo de cromo), óxido de cromo verde e verde molibdato;
- **Pigmentos vermelhos:** óxido de ferro (Fe_2O_3), vermelho de molibdênio (molibdato de chumbo), vermelho de cádmio, vermelho toluidina, vermelho para-red (para-nitro-anilina e p-naftol), vermelho naftóis e vermelho cinquásia (vermelho quinacidrona);
- **Pigmentos violetas:** violeta cinquásia;
- **Pigmentos pretos:** óxido de ferro (Fe_3O_4), pretos de carbono (negro de fumo) e grafite;
- **Pigmentos metálicos:** o mais importante é o alumínio, que é responsável pelo aspecto metálico das tintas de acabamento. Existem dois tipos de pigmentos alumínio: *Leafing* (que proporciona auto brilho metálico à película de tinta) e *Não Leafing* (que proporciona brilho metálico mais baixo à película de tinta).

2.1.1.3.3 Classificação de acordo com a ação

- **Ativos:** são os pigmentos que têm uma ação bem definida dentro da tinta e, portanto, influem decisivamente na formulação. São eles os pigmentos tintoriais, os anticorrosivos e os especiais.

- **Inertes:** são os pigmentos que pouco ou quase nada influem na cor, na proteção anticorrosiva e nas propriedades básicas da tinta. Eles são constituídos pelos pigmentos reforçantes e encorpantes, ou seja, pelas chamadas cargas.

2.1.1.3.4 Pigmentos anticorrosivos (ativos)

Estes pigmentos se caracterizam por conferir propriedades anticorrosivas à película de tinta, inseridos especialmente nas tintas de fundo. Desta categoria, os mais importantes são:

- **Cromato de zinco:** é constituído de cromato de zinco e potássio e é um pigmento amarelo esverdeado de excelente ação inibidora.
- **Cromato básico de zinco ou tetroxicromato de zinco:** constituído de cromato básico de zinco ($ZnCrO_4 \cdot 4Zn(OH)_2$). É um pigmento de coloração amarela, um pouco menos solúvel que o cromato de zinco, mas possui boa ação inibidora.
- **Fosfato de zinco:** é constituído de fosfato de zinco $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, que possui excelente ação inibidora. Este pigmento vem sendo progressivamente utilizado em substituição ao zarcão, por possuir propriedades anticorrosivas similares e menor toxicidade.
- A seguir, destacamos o pigmento zinco metálico presente nas tintas de fundo que promove proteção catódica, uma vez que o substrato, no caso, o aço carbono se torna cátodo em relação ao zinco, anódico.
- **Zinco metálico:** é o pigmento amplamente usado nas tintas de fundo com altíssimo teor de zinco metálica na película seca. O pigmento de

zinco não tem a sua importância ligada a cor e sim a proteção anticorrosiva.

As tintas deste tipo são chamadas tintas ricas em zinco e, em alguns trabalhos, são citadas como galvanização a frio. Estas tintas são utilizadas em condições severas, tais como imersão em produtos químicos, produtos de petróleo, atmosferas altamente agressivas, especialmente atmosferas marinhas, e temperaturas elevadas.

Outros pigmentos, como por exemplo o óxido de ferro, óxido de ferro micáceo, alumínio, mica, talco e alguns caulim conferem proteção por barreira. Estes pigmentos aumentam a proteção anticorrosivas do esquema de pintura, uma vez que, quanto melhor for a barreira, mais durável será a tinta. Desta forma, enquanto o eletrólito (o meio) não atingir o metal, não haverá corrosão.

2.1.1.3.5 Pigmentos especiais

Estes pigmentos são utilizados com finalidades específicas, tais como:

- **Impermeabilizantes:** são adicionados em tintas de fundo e de acabamento para aumentar a proteção por barreira, como o caso das micas e do alumínio lamelar. Os óxidos de ferro que protegem também por barreira, são muito usados em tintas de fundo.
- **Perolados:** são adicionados para dar um tom acetinado as tintas de acabamento, por exemplo, carbonatos de chumbo ou de bismuto.
- **Fluorescentes e fosforescentes:** são utilizados em tintas de sinalização e demarcação para ressaltar a ação da luz em faixas de demarcação, placas, etc.

- **Anti-incrustante** (*anti-fouling*): são adicionadas as tintas de uso marinho, para cascos de embarcações, boias, dentre outras, de modo a evitar a incrustação de organismos, tais como cracas, mariscos, corais, ostras e algas. A ação destas tintas se dá pelo auto polimento do filme e pela migração dos biocidas utilizados evitando a incrustação. Os componentes tradicionalmente usados são de cobre (óxido cuproso – Cu₂O).

2.1.1.3.6 Cargas ou extensores (inertes)

Como mencionado acima, estes pigmentos também são denominados de reforçantes e encorpantes, não possuem bom poder de cobertura, quase não interferem na tonalidade, sendo translúcidos quando incorporados à maioria das resinas, devido ao seu baixo poder de refração. Estes pigmentos desempenham importante papel na formulação das tintas, conferindo-lhes propriedades especiais, reforçando a película, regulando o brilho e a consistência.

O emprego destes pigmentos pode ser sintetizado em dois aspectos principais: como recurso para aumentar o teor de sólidos nas tintas de alta espessura, nas massas e nas tintas foscas; como recurso econômico, substituindo parte do pigmento anticorrosivo (ativo) e parte da resina, obtendo-se assim uma tinta mais barata.

Segue alguns tipos de cargas mais utilizadas:

- **Carbonatos:** os mais importantes são os carbonatos de cálcio (calcita) e o carbonato de cálcio e magnésio (dolomita). Estes pigmentos têm fraquíssima resistência a meios ácidos e,

quando usados em exteriores, promovem tendência ao esfacelamento das películas de tinta;

- **Silicatos:** os mais importantes são o silicato de magnésio hidratado (talco), o silicato de alumínio hidratado (caolim), o ortossilicato de alumínio e potássio (mica) e o silicato de magnésio fibroso (amianto). Possuem maior resistência química frente a ácidos, álcalis e ação do intemperismo;
- **Sílicas:** a mais importante é a sílica diatomácea, que é uma sílica amorfa, formada pela deposição dos organismos marinhos em antigas eras geológicas;
- **Sulfatos:** os mais importantes são o sulfato de bário (barita) e o sulfato de cálcio (gesso). A barita possui elevada resistência química a ácidos, porém pelo elevado peso específico, tende a sedimentar com facilidade durante o armazenamento da tinta.

2.1.1.4 Influência do teor de pigmento

O teor de pigmento pode interferir em diversas propriedades das tintas. Tintas com baixo teor de pigmento são mais brilhantes, mais impermeáveis, mais flexíveis e menos porosas. Por outro lado, as tintas com alto teor de pigmento são mais foscas e mais permeáveis. O teor de pigmento em volume é referido pelos fabricantes de tintas como sendo o PVC, ou seja: *Pigment Volume Content*.

As tintas de baixo PVC refletem praticamente todo feixe de luz incidente, por isso a superfície aparenta o brilho da fonte de luz. Já as tintas de alto PVC apresentam inúmeras partículas dos pigmentos sobressaindo na superfície, o que faz com que o feixe de luz incidente seja refletido em várias direções, e o

brilho da fonte de luz chegue fraco à vista do observador.

Quando se trata de tintas de fundo anticorrosivas, o teor de pigmento deve ser alto, para que os pigmentos protetivos, de combate à corrosão tenham sua ação mais edificante. É o caso das tintas “ricas” em zinco. As tintas de acabamento devem ser formuladas com “PVC” próximo ao “CPVC” – teor crítico de pigmento em volume, ou seja, *Critical Pigment Volume Content*. Quanto maior o teor de pigmento, mais permeável é a tinta e maior é a tendência à formação de ferrugem no aço, sobre a qual a tinta foi aplicada.

2.1.1.5 Aditivos

Os aditivos são constituintes que aparecem de acordo com a conveniência do formulador da tinta, com objetivo de melhorar certas características ou propriedades da mesma. Pode-se, portanto, formular uma tinta sem tais componentes. Eles são necessários, entretanto, para ajustar uma determinada formulação quanto às características e propriedades desejadas.

Os principais aditivos usados em tintas são:

- **Plastificantes:** São aditivos que visam dar a película maior flexibilidade. São utilizados em tintas muito duras para evitar o fendilhamento ou gretamento e melhorar a aderência.
- **Secantes:** Pode -se definir um secante como sendo um produto que promove ou acelera a secagem, cura ou endurecimento de resinas à base de óleos vegetais.
- **Antipeles ou antinatas:** Sempre que um recipiente contendo uma tinta é deixado

parcialmente cheio, ou aberto, podemos perceber a formação de uma película na superfície da tinta. Esta película é chamada de pele. Como passar do tempo, a espessura da pele formada tende a aumentar e, então, a homogeneização não será suficiente para a dissolução total. Assim, recomenda-se a filtração do produto. A tendência final será o endurecimento total do produto dentro do recipiente; nesse ponto, nada mais poderá ser feito para o seu aproveitamento. Assim, para retardar essa formação de peles nas tintas, existem aditivos são antioxidantes voláteis, isto é, retardam a formação de pele, porém volatizam quando a tinta é aplicada sobre uma superfície, permitindo que esta seque naturalmente.

- **Aditivos tensoativos ou umectantes:** os aditivos tensoativos são aqueles que aumentam a molhabilidade do pigmento, retardando a sedimentação. Os anti-sedimentantes produzem um gel coloidal que diminui a tendência à sedimentação e, caso ocorra pequena sedimentação, evitam que seja um sedimento duro e compacto. Os tensoativos atuam também como dispersantes e facilitam tanto na fabricação, quanto na aplicação da tinta.
- **Aditivos espessantes, geleificantes ou tixotrópicos:** são aditivos com a finalidade de dar a tinta consistência adequada para aplicação em superfícies verticais. Para tintas de alta espessura consegue-se com agitação, diminuir a viscosidade. Após a aplicação, com retorno a viscosidade original, não se tem escorrimento.
- **Aditivos nivelantes:** são aditivos constituídos de produtos tensoativos, que interferem na tensão superficial das tintas, melhorando o alastramento e evitando o aparecimento de

marcas deixadas pelas cerdas de pinceis e trinchas.

2.1.2 Processo de fabricação

As fábricas de tintas recebem, normalmente, as matérias-primas – resinas, solventes, pigmento e aditivos - em condições de efetuar as misturas de acordo com a formulação desejada. A título de demonstração e melhor entendimento, o fluxograma abaixo representa o processo de produção de tintas líquidas.

Todos os estágios do processo são importantes afetam consideravelmente a produtividade, a concentração do pigmento e outras propriedades no produto final. Detalhamento das fases do processo de fabricação de tintas líquidas.

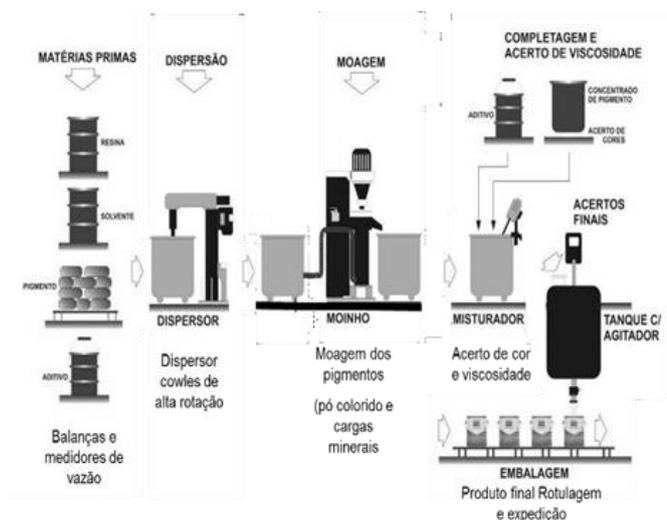


Figura 2: Fluxograma do processo de produção de tintas

- 1) **Pesagem das matérias-primas:** de acordo com a formulação.
- 2) **Pré-mistura:** consiste na formação de pasta do veículo e pigmento. Os insumos são adicionados a um tanque (aberto ou fechado) provido de agitação adequado na ordem indicada na fórmula. O conteúdo é agitado durante um

período de tempo pré-determinado afim de se conseguir uma relativa homogeneização.

- 3) **Moagem:** O produto pré-disperso é submetido à dispersão em moinhos adequados. Normalmente são utilizados moinhos horizontais ou verticais, dotados de diferentes meios de moagem: areia, zirconita, etc. Esta operação é contínua, o que significa, que há transferência do produto de um tanque de pré-mistura para o tanque de completagem. Durante esta operação ocorre o desagregamento dos pigmentos e cargas e ao mesmo tempo há a formação de uma dispersão maximizada e estabilizada desses sólidos
- 4) **Completagem:** Em um tanque provido com agitação são misturados de acordo com a fórmula, o produto de dispersão e os restantes componentes da tinta.
- 5) **Acertos finais:** consiste na adição de aditivos, acertos de cores e outros ajustes necessários para conclusão do produto final.

Para execução destas operações, uma fábrica de tintas é, em geral, constituída de tanques de armazenagem de matérias-primas, tanques de mistura, moinhos para dispersão de pigmentos no veículo (moinhos de esferas de vidro ou zircônio, os de rolo são muito utilizados), tanques de completagem, ajustes finais e unidade de enlatamento e embalagem.

As tintas são embaladas em recipientes de um galão (3,6 litros) ou fração ou ainda tamanhos correspondentes em litros. Para usos industriais utilizam-se baldes de 5 galões (18 litros) ou embalagens de 20 litros. Em grandes trabalhos de campo, as tintas podem ser fornecidas em tambores de 200 litros, que são mais econômicos.

2.1.3 Características das tintas

As tintas são compostas pela dispersão de pigmentos numa solução ou emulsão de um ou mais polímeros, é uma preparação, geralmente na forma líquida, que, ao ser aplicada na forma de uma película fina sobre uma superfície ou substrato, se transforma num revestimento a ela aderente com a finalidade de colorir e proteger. Contudo algumas características são fundamentais para que as tintas funcionem com êxito

2.1.3.1 Características fundamentais e gerais da película

A película de tinta deve apresentar as seguintes características fundamentais:

- **Coesão:** consiste na coesão entre os diversos constituintes do revestimento, de forma a apresentar uma película contínua, isenta de falhas como poros, bolhas, crateras, trincas etc.
- **Adesão ao substrato:** consiste na perfeita e permanente aderência à superfície a ser protegida. A aderência ao substrato é obtida em maior grau pela ancoragem mecânica de tinta nas irregularidades da superfície e, em parte, pelas forças de atração de natureza molecular.

Além das características fundamentais, que são mandatórias em qualquer película de tinta, há uma série de características gerais que ela poderá apresentar em maior ou menor grau, dentre as quais se pode destacar:

- **Absorção e transferência de umidade:** resistência a penetração de água nas moléculas ou por entre as moléculas. Também, a penetração de água através da película, que

dependerá, entre outros fatores da permeabilidade e da sua aderência.

- **Resistência química:** consiste na capacidade da película de resistir ao ataque dos agentes químicos existentes no meio corrosivo.
- **Resistência à abrasão:** consiste na resistência ao desgaste provocado pela ação mecânica do meio.
- **Resistência ao intemperismo:** capacidade da película resistir à ação dos agentes naturais, como sais, chuvas e ventos, com reduzida perda de brilho, de cor e de espessura.

2.1.3.2 Mecanismo de formação da película da tinta

O processo de secagem da tinta é definido como o mecanismo de formação da película da tinta, isto é, esse mecanismo é, a passagem da película úmida, conforme aplicada, para a película seca, que é seu estado final, após secagem e/ou cura. Os mecanismos de formação da película de tintas mais importantes são:

2.1.3.2.1 Evaporação do solvente

Este mecanismo está presente praticamente em todas as tintas de uso industrial. Mesmo naquelas que usam outros mecanismos, a evaporação dos solventes contribui na formação da película. No entanto, existem várias famílias de tintas, em que este é o único mecanismo presente. São substâncias já polimerizadas ou que possuem características filmógenas, as quais, para efeito de aplicação são dissolvidas em um solvente, que evapora após a aplicação, havendo então a formação da película na superfície que se quer proteger.

A evaporação do solvente pode introduzir poros, bolhas ou crateras na película seca de tinta, levando a uma diminuição da sua impermeabilidade e consequente diminuição da proteção anticorrosiva por barreira. Como exemplos de tintas que utilizam este mecanismo, podemos citar: as acrílicas, vinílicas, borrachas cloradas, asfaltos, betuminosas, estirenoacrilatos, e outras.

2.1.3.2.2 Coalescência

Ocorre nas tintas monocomponentes hidrossolúveis, emulsionadas em água. A coalescência é a ação de um solvente orgânico coalescedor que une as multifases à medida que ocorre a evaporação da água. Após a evaporação deste coalescedor, forma-se uma película sólida e resistente à própria água. Como exemplo, podemos citar as tintas com veículos vinílicos de acetato de vinila (látex PVA) e as acrílicas hidrossolúveis, muito utilizadas na pintura arquitetônica e na pintura industrial.

2.1.3.2.3 Oxidação de óleos

Este mecanismo de formação da película está presente nas tintas a óleo e óleo modificadas. O mecanismo consiste na oxidação dos óleos secativos (óleos vegetais), devido ao contato com o ar após a aplicação, formando uma película sólida pela entrada de oxigênio na molécula dos óleos. Como exemplo de tintas que apresentam este mecanismo, podemos citar: óleos secativos, alquídicas, fenólicas modificadas com óleo e ésteres de epóxi. As tintas à base de óleo modificadas têm a sua secagem controlada em função do tipo de óleo utilizado na

formulação, podendo formar uma resina, curta, média ou longa em óleo.

2.1.3.2.4 Polimerização

Este mecanismo está presente nas principais famílias de tintas de alto desempenho e alto poder impermeabilizante. Para esse mecanismo, pode-se destacar:

- **Polimerização térmica:** ocorre nas resinas que, na temperatura ambiente, não se polimerizam, havendo necessidade de uma energia térmica de ativação. Para melhor identificação das tintas que polimerizam com temperatura elevada, citamos as tintas alquídicas-melamínicas e as de silicone puras
- **Polimerização por condensação:** ocorre nas resinas em que se usa um semipolímero como um dos reagentes e um agente de cura que, tão logo misturados, dão início à polimerização por reação química (A+B) à temperatura ambiente. Para melhor entendimento, citamos as tintas epóxis, poliuretânicas e poliaspárticas.

2.1.3.3 Mecanismo de proteção anticorrosiva da película

Os mecanismos básicos de proteção da película de tinta são:

2.1.3.3.1 Proteção por barreira

Presente em praticamente todas as películas de tinta, sendo o mecanismo fundamental nas tintas de acabamento. O mecanismo de proteção por barreira atua procurando impedir o contato entre o meio corrosivo e a superfície que se quer proteger. Neste tipo de mecanismo, a eficiência da proteção

depende da espessura do revestimento e da resistência das tintas ao meio externo. Porém, todas as películas são parcialmente permeáveis, desse modo com o tempo, o eletrólito alcança a base, e o processo corrosivo tem início. Nesse ponto entram os processos de proteção catódica e anódica, para evitar ao máximo a corrosão.

2.1.3.3.2 Proteção por passivação anódica

De maneira simples, baseia-se na formação de uma película protetora, nos materiais metálicos, por aplicação de corrente anódica externa. Essa corrente ocasiona polarização anódica, que possibilita a passivação do metal. Entre as condições necessárias para aplicação da proteção anódica, devem ser destacadas:

- O material metálico deve apresentar passivação no meio corrosivo em que vai ser utilizado;
- Todas as partes expostas devem ser passivas e mantidas nesta condição. Se qualquer parte metálica não for passiva, tem-se o inconveniente de pequena área anódica ativa para grande área catódica inerte ou passiva, com consequente ataque localizado.

A aplicação da proteção anódica faz com que a dissolução do filme seja impossível e, quando ocorre qualquer falha no filme, esse é automaticamente reparado pela formação de novo filme ou película protetora. O êxito desse sistema vai depender do controle preciso do potencial, pois um potencial não adequado (muito alto) pode ocasionar a dissolução do metal. A proteção anódica só pode ser aplicada para metais ou ligas que se passivam, como ferro, níquel, cromo, titânio e respectivas ligas.

Enquanto a proteção catódica é aplicável a todos os materiais metálicos.

2.1.3.3.3 Proteção catódica

Este mecanismo é encontrado nas películas de tinta aplicadas como tinta de fundo (primer), que contém elevados teores de pigmentos anódicos, em relação à superfície metálica que se quer proteger contra a corrosão.

Com a utilização da proteção catódica consegue-se manter instalações metálicas completamente livres de corrosão por tempo indeterminado. Embora a proteção catódica possa ser utilizada com eficiência para a proteção de estruturas metálicas completamente nuas, sua aplicação torna-se extremamente econômica e mais simples quando as superfícies a proteger são previamente revestidas. Sua finalidade, nesses casos, consiste em complementar a ação protetora dos revestimentos que, por melhores e mais bem aplicados que sejam, sempre se tornam deficientes com o passar do tempo.

O mecanismo de funcionamento da proteção catódica é extremamente simples, embora a sua aplicação, na prática, exija bastante experiência por parte do projetista e do instalador do sistema. O processo corrosivo de uma estrutura metálica ocorre, principalmente, pela formação de áreas anódica e áreas catódicas na superfície do material, e consequentemente, o surgimento de diferença de potencial entre os dois pontos.

Logo, proteger catodicamente uma estrutura significa eliminar, por processo artificial, as áreas anódicas da superfície do material do metal fazendo com que toda a estrutura adquira comportamento

catódico. Como consequência o fluxo de corrente elétrica deixa de existir e a corrosão é totalmente eliminada.

Esse método de proteção pode ocorrer de duas formas diferentes, apesar de ambos serem baseados no mesmo princípio de funcionamento, que é o de injeção de corrente elétrica na estrutura através do eletrólito. São eles proteção catódica galvânica ou por anodos de sacrifício e proteção catódica por corrente forçada.

Nas tintas que atuam pelo mecanismo de proteção catódica, o teor de pigmentos metálicos tem que ser de tal ordem que impeça que o veículo dificulte a continuidade elétrica entre as partículas do pigmento responsável pela proteção catódica, ou seja, permitida a formação da pilha eletroquímica.

2.1.4 Fundamentos da pintura industrial

O termo genérico pintura pode ser estendido a três ramos da atividade humana:

- **Pintura artística** é aquela em que o uso das tintas e das cores tem a finalidade de expressar uma arte. Esta pintura é, portanto, exercida pelos artistas, que usam na execução de quadros, painéis, murais, etc.
- **Pintura arquitetônica** é aquela em que o uso das tintas e das cores tem a finalidade de tornar agradáveis os ambientes. É usada na construção civil e, não obstante possa ter também finalidade protetora, visa fundamentalmente o embelezamento das superfícies revestidas.
- **Pintura industrial** é aquela cuja finalidade principal é a proteção anticorrosiva. Ela é subdividida em dois tipos principais:

→ **Pintura industrial de fabricação em série:** é aquela cuja aplicação das tintas é feita por meio de instalações fixas, tais como cabines de jateamento abrasivo ou banhos de soluções químicas, para limpeza e condicionamento de superfície, cabines de aplicação e estufas.

→ **Pintura industrial de campo:** é aquela cuja aplicação das tintas é feita por meio de instalações móveis, tais como máquinas para jateamento abrasivo, pistolas ou outros equipamentos para a aplicação das tintas.

Sistema de pintura ou especificação de pintura menciona além do conjunto de tintas, um maior detalhamento, por exemplo: preparo da superfície com remoção de óleos, graxas, gorduras e principalmente produtos de corrosão (óxidos). Itens compostos no detalhamento do sistema de pintura:

- 1) Preparo de superfície, grau de limpeza, perfil de rugosidade;
- 2) Número de demãos de tinta, espessura de película seca e úmida para cada tinta;
- 3) Intervalo de repintura entre demãos mínimo e máximo;
- 4) Método de aplicação;
- 5) Diluente e diluição;
- 6) Tempos de secagem;
- 7) Esquema de tintas;
- 8) *Pot Life* da tinta;
- 9) Tipo de tinta e relação de mistura;
- 10) Rendimento teórico (com e sem % de Perdas).

Nota: Mencionar observações quando necessário.

- **Limpeza da superfície** é uma fase de grande importância porque as tintas sempre exigem, em

maior ou menor grau, uma preparação da superfície, para que haja um perfeito contato entre a tinta de fundo e a superfície que está sendo protegida. Além disso, a preparação da superfície objetiva criar um perfil de rugosidade, capaz de facilitar a adesão mecânica da tinta.

2.1.4.1 Esquemas de pintura

As tintas de manutenção são formuladas para permitirem que as estruturas e equipamentos permaneçam por grandes períodos sem corrosão, e periodicamente sofram uma manutenção, que pode ser desde um simples retoque até substituição de toda tinta velha por outra nova. As pinturas podem ter um desempenho que, em condições favoráveis, chega a uma vida útil de 5 anos ou mais. Em condições adversas, a mesma pintura poderia durar cerca de 1 ou 2 anos. Tudo vai depender do meio ambiente e do esquema de pintura empregado.

Em um esquema de Pintura as Tintas podem ser classificadas em:

- 1) **Tinta de fundo (primer):** Responsáveis pela adesão do esquema ao substrato, podem ou não conter pigmentos inibidores de corrosão. Fundo ou fundo acabamento (dupla função).
- 2) **Tintas Intermediárias:** Oferecem espessura ao sistema. São produtos mais baratos comparados com a tinta de fundo. Auxiliam na proteção. Conhecidas como TIE COAT.
- 3) **Tintas de Acabamento:** São responsáveis por proteger o sistema contra o meio ambiente e dar a cor desejada.

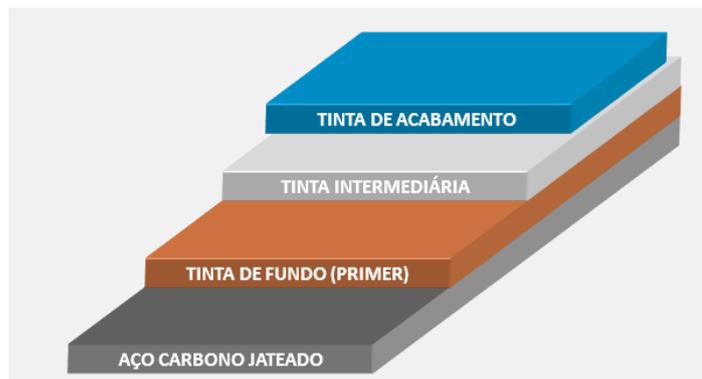


Figura 3: Esquema de pintura geral de pintura industrial

Além dessa configuração de esquema de pintura apresentado na figura X, é possível encontrar no mercado tintas dupla função, ou seja, tintas que são de fundo e acabamento em apenas um produto. Assim, o esquema de pintura fica semelhante ao da Figura 4 abaixo.



Figura 4: Esquema de pintura para tintas dupla função

2.1.5 Cores na pintura industrial

2.1.5.1 Aspectos estéticos e psicológicos

Na pintura industrial procura-se aplicar esquemas capazes de proteger adequadamente contra a corrosão, mas não se deve esquecer dos aspectos estéticos e psicológicos envolvidos. Ao se pintar, procura-se também dar um aspecto agradável

e esteticamente favorável aos equipamentos e instalações.

2.1.5.2 Aspectos de segurança industrial

As cores obtidas pela aplicação de tintas desempenham um importante papel na segurança industrial. Os principais usos das cores são:

- **Vermelho:** para indicação de equipamentos de segurança de um modo geral, como, por exemplo: veículos de combate a incêndio, tubulações de água e fluidos de combate ao incêndio, equipamentos de injeção de espuma, extintores, etc.
- **Verde:** para equipamentos de proteção pessoal.
- **Branco e branco com faixas pretas:** para demarcação de tráfego.
- **Amarelo:** pintura de passadiços, escadas e outras áreas onde se deve ter cuidados especiais e uma boa visibilidade.
- **Amarelo com faixas pretas:** áreas perigosas.
- **Alaranjado:** área onde se deve estar alerta.
- **Azul:** indica precaução, por exemplo, próximo a equipamentos em reparos.
- **Púrpura:** indica radiação.

2.1.5.3 Aspecto de identificação

As tintas são usadas como mencionado anteriormente para dar cor aos equipamentos e instalações industriais. Deve-se procurar padronizar as cores usadas, visando a reduzir o número de tintas, com isso surgiu a norma **NBR 6493: 2018**. As cores mais frequentemente usadas com o objetivo de identificação são:

- **Cor alumínio:** para tanques de armazenamento, vasos de pressão, tubulações (executando-se as utilidades), estruturas metálicas em geral, reatores, permutadores de calor, entre outros.
- **Cor branca:** para tanques de armazenamento de petróleo e derivados leves, instalações de hidrocarbonetos gasosos em especial o gás liquefeito de petróleo e vapor.
- **Cor azul:** para tubulações de ar comprimido.
- **Cor cinza-claro:** vácuo.
- **Cor cinza-escuro:** eletrodutos
- **Cor verde:** para tubulações de água.
- **Cor preta:** para combustível de alta viscosidade (óleo combustível).
- **Cor vermelha:** para tubulações e instalações de combate a incêndio.

2.1.5.4 Aspectos relativos à absorção de calor e energia radiante

A escolha das cores, podem também ser considerada em relação a maior ou menor absorção de calor. Em relação à temperatura ambiente, as cores escuras, em especial o preto, promovem grande absorção de calor, enquanto que as cores claras, principalmente o branco, provocam pouca absorção.

Este fato é extremamente importante na pintura de superfícies expostas ao sol, bem como superfícies externas que possam absorver calor e trazer inconvenientes ao interior, seja por problemas de perda de energia, seja por questão de conforto.

É ainda importante que se utilize pintura em branco nos tanques de armazenamento de petróleo e derivados claros, de modo a diminuir perdas por evaporação. A pintura em branco, mesmo quando suja, provoca menores perdas por evaporação que qualquer outra cor. Desta forma, a utilização de cores claras é muito importante na obtenção de maior luminosidade e maior conforto nos ambientes industriais.

2.1.6 Aspectos econômicos

Uma questão complexa é a estimativa da quantidade de tinta a ser usada, particularmente quando da decisão de comprar a tinta em separado da contratação dos serviços de aplicação. A partir da especificação usada na compra ou da folha de dados do fabricante, conhece-se o rendimento teórico (m²/Litro) de cada tinta a ser usada.

O rendimento teórico é uma propriedade que está diretamente ligada ao percentual de sólidos por volume da tinta. Ou seja, o que dá origem à película é o volume de sólidos apresentado pela tinta aplicada, já que o solvente, por volatilizar-se, não fica incorporado na película, portanto, tal propriedade e, conseqüentemente, o rendimento teórico precisa estar claramente definido na especificação que será usada para efeito de compra da tinta.

Entretanto, o rendimento prático ou real variará em relação ao teórico em função dos seguintes fatores:

- Volume de sólidos de tinta;

- Tipo de preparo da superfície, particularmente o perfil de rugosidade obtido.
- Um elevado perfil de rugosidade aumenta a superfície específica a ser pintada e, conseqüentemente, o consumo de tinta;
- Estado inicial de oxidação da superfície a ser pintada. O grau de corrosão D da ISO 8.501 – 1 leva a um maior consumo de tinta;
- Método de aplicação. A aplicação por trincha leva a perdas menores do que por pistola;
- Condições ambientais. A aplicação à pistola em locais com ventos fortes leva a um consumo de tinta exagerado;
- Tipo de tinta usada.

2.1.6.1 Rendimento teórico

O rendimento teórico da tinta não inclui no seu cálculo as perdas devidas ao método de aplicação, às condições de aplicação e ao treinamento do pintor. Para obter o rendimento teórico do produto a ser aplicado devemos utilizar a fórmula:

$$R_t = \frac{SV \times 10}{EPS}$$

Onde:

R_t = rendimento teórico (m²/litro)

SV = sólidos por volume (%)

EPS = espessura da película seca (µm)

10 = fator

Os sólidos por volume (SV) ou não voláteis em volume (NVV) são fornecidos no boletim técnico do produto ou no plano de pintura indicado. A

multiplicação pelo fator 10 é para encontrar o resultado expresso em m²/litro, caso queira o volume de galão deverá utilizar-se o fator 36 e assim por diante. Fazendo um exemplo da aplicação da fórmula de rendimento, tem-se:

Perda estimada = 30 %

Logo:

$$R_p = 9 - 30\%$$

$$R_p = 6,3 \text{ m}^2/\text{litro}$$

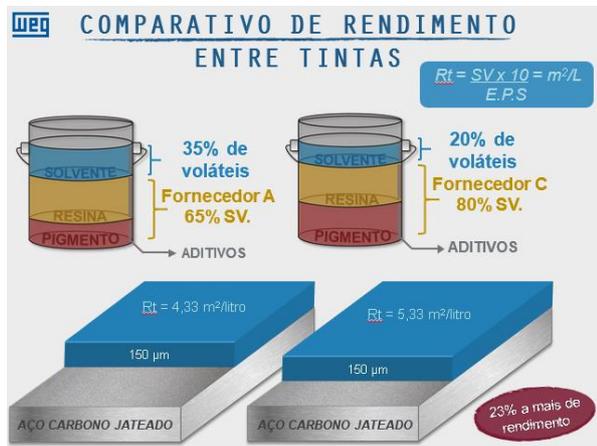


Figura 5: Comparação de rendimento entre tintas

2.1.6.2 Rendimento prático

Consiste em estimar as perdas considerando o processo de aplicação, evitando a falta de tinta e transtornos na aplicação tais como:

- Atraso na entrega
- Ociosidade da mão de obra
- Diferenças de cor de lote a lote
- Atraso no pagamento
- Dificuldade na compra de pouca tinta

$$R_p = R_t - (\% \text{ perdas})$$

Por exemplo, aplicação na pistola convencional:

$$SV = 45\%$$

$$EPS = 50 \text{ micra}$$

$$R_t = 9 \text{ m}^2/\text{litro}$$

2.1.6.3 Rendimento real

Obtido ao efetuar o levantamento da metragem final pintada e comparação com o total de tinta consumido. É muito importante efetuar as medições de espessuras de película seca aplicada e suas variações, pois, isto irá influenciar diretamente no consumo e valor de rendimento real da tinta no final da obra.

2.1.6.4 Custo por metro quadrado do produto

Para se obter o custo teórico do produto a ser vendido podemos utilizar a fórmula:

$$\frac{R\$}{m^2} = \frac{R\$/\text{litro tinta} + (R\$/\text{litro solvente} \times \% \text{ diluição})}{R_t}$$

Onde:

- R\$/m² = custo por metro quadrado
- R\$/litro tinta = custo por litro de tinta
- R\$/litro solvente = custo por litro de solvente
- R_t = rendimento da tinta

Exemplo:

Custo de 1 litro de tinta R\$ 10,00

Custo de 1 litro de solvente R\$ 2,00

% Diluição	20%
Rendimento de 1 litro de tinta	5,3 m ²

Portanto:

$$R\$/m^2 = \frac{10 + (2 \times 0,2)}{5,3}$$

$$R\$/m^2 = 1,96$$

Corresponde ao preço para se pintar um metro quadrado com este tipo de tinta.

2.1.6.5 Como calcular a quantidade de tinta necessária para pintura

Devemos levar em consideração:

- Área a ser pintada (m²)
- Sólidos por volume da tinta (%)
- Espessura da película seca da tinta (μm)
- Método de aplicação (Fator perdas)
- Número de demãos

Exemplo: Pintura de 1000 m² de aço carbono com tinta epóxi na espessura de 50 micrometros. Aplicar em 2 demãos. O sólido por volume da tinta é de 45% e a aplicação será por pistola convencional com perda estimada em 25% e diluição de 20%.

▪ Rendimento teórico:

$$R_t = \frac{SV \times 10}{EPS}$$

$$R_t = \frac{45 \times 10}{50}$$

$$R_t = 9 \text{ m}^2/\text{litro}$$

▪ Rendimento prático:

$$R_p = R_t - (\% \text{ perdas})$$

$$R_p = 9 - (25\%)$$

$$R_p = 6,75 \text{ m}^2/\text{litro}$$

▪ Quantidade de tinta necessária:

$$Q_t = \frac{\text{área a ser pintada}}{R_p}$$

$$Q_t = \frac{1000}{6,75}$$

$$Q_t = 148,15 \text{ litros de tinta}$$

$$Q_t = 148,15 \div 3,6$$

$$Q_t = 41,15 \text{ galões de tinta}$$

2.1.6.6 Quantidade necessária de diluente

Na aquisição das tintas geralmente ocorre o esquecimento de comprar o diluente. Porém, o fabricante já tem associado que o mesmo deve ser enviado mediante informação no boletim técnico na proporção recomendada na diluição.

Para o exemplo acima a quantidade de diluente necessária para 148,15 litros de tinta, será: 29,63 litros de diluente ou arredondando 30 litros (geralmente as embalagens são de 5 litros cada) ou de 06 galões. Não está inclusa a quantidade de diluente para a limpeza dos equipamentos de pintura. Pode ser adquirido um diluente compatível mais barato para efetuar a limpeza e que não poderá ser usado na diluição da tinta durante a aplicação.

3 TIPOS DE TINTAS

De modo geral, dependendo das características do veículo, as tintas podem ser classificadas em 3 grupos: tintas com veículos não

convertíveis, tintas com veículos convertíveis (convencionais e alto desempenho) e tintas com veículos inorgânicos.

3.1 Tintas com veículo não convertíveis

Estas tintas são também denominadas de “seminobres” ou lacas e, possuem algumas características fundamentais em comuns que, dentre as quais pode-se destacar:

- Exigência de limpeza de superfície de boa para excelente, em geral por jateamento ao metal quase branco ou hidrojateamento muito elevado.
- Mecanismo de formação de filme por evaporação de solvente ou coalescência;
- Indicadas para atmosfera medianamente agressivas.

Dentro deste grupo podem ser destacadas as seguintes tintas:

3.1.1 Tintas acrílicas

As resinas acrílicas são obtidas por reações de adição, ativadas por peróxidos orgânicos. As tintas com veículo acrílico caracterizam-se pela excelente resistência aos raios ultravioleta. Existem ainda as acrílicas hidrossolúveis que se tornam resistentes à água após a secagem.

Sua principal característica é a excelente retenção de brilho, não amarelando quando expostas a intempéries. As resinas acrílicas, devido a sua grande resistência à decomposição pelos raios ultravioleta, bem como resistência a óleos e graxas, quando incorporadas em formulações com outras resinas, conferem ao conjunto todas essas propriedades.

3.1.2 Tintas de estirenoacrilato

As resinas de estirenoacrilato são obtidas através da polimerização de estireno com acrilonitrila. A acrilonitrila está cada vez mais em desuso em função da sua alta reatividade e toxidez. As tintas com veículo de estirenoacrilato se caracterizam por uma razoável retenção de cor e de brilho, sendo, portanto, um pouco resistentes a raios ultravioleta.

A secagem destas tintas dá-se somente por evaporação do solvente, sendo, portanto, sensíveis aos seus solventes. As tintas de boa qualidade devem ser isentas de óleo e, portanto, não saponificáveis. São recomendadas especialmente para tintas de acabamento em equipamentos e instalações onde seja importante certo grau de retenção de cor e brilho. A utilização mais indicada é para atmosferas medianamente agressivas.

3.1.3 Tintas de borracha clorada

As resinas de borracha clorada são obtidas a partir da cloração da borracha. As tintas fabricadas com estas resinas são resistentes a ácidos e álcalis e são pouco tóxicas. A secagem destas tintas dá-se somente por evaporação do solvente, sendo, portanto, sensíveis a seus solventes. As tintas de borracha clorada de boa qualidade devem ser isentas de óleos secativos. São recomendadas para atmosferas medianamente agressivas. Apresentam alguns problemas que limitam o seu uso como, por exemplo:

- Degradação pelo calor por volta de 65°C, liberando ácido clorídrico;
- Aparecimento de poros, ocasionando falha precoce;

- Fissuras devido ao processo de plastificação.

3.1.4 Tintas vinílicas

As resinas vinílicas são obtidas a partir de cloreto e acetato de vinila, que se copolimerizam em cloreto e acetato de polivinila. Podem também ser obtidas a partir de reações que produzem o polivinilbutiral. As resinas sintéticas termoplásticas mais comumente usadas em revestimento de superfícies são as chamadas vinílicas, cloreto de polivinila (PVC), acetato de polivinila (PVA), polivinil acetais e as acrílicas. As tintas fabricadas com essas resinas são resistentes a ácidos e bases e possuem excelente resistência à abrasão.

São geralmente usadas em: *primer* (ou tintas de fundo), *wash-primer* e tinta de acabamento. A secagem destas tintas dá-se somente por evaporação do solvente. Existem ainda as hidrossolúveis, que secam por coalescência.

3.1.5 Tintas de nitrocelulose

As tintas à base de nitrocelulose caracterizam-se principalmente pela secagem por evaporação do solvente. Estas tintas têm vantagens com relação à: secagem rápida; boa dureza; resistência ao solvente tipo aguarrás e gasolina; fácil aplicação; permite lixamento rápido.

3.1.6 Outras tintas não convertíveis

Além das tintas citadas logo acima, há ainda algumas outras tintas pertencentes a este grupo e industrialmente de menor importância, como, por

exemplo, as tintas de acetato de celulose, as acrílicas-vinílicas, as alquídicas-silicones, etc.

3.2 Tintas com veículos convertíveis convencionais

Esse grupo de tintas convencionais possuem algumas características fundamentais em comum, dentre as quais podem-se destacar:

- Exigência de pouca preparação de superfície;
- Mecanismo de formação de filme por oxidação de óleo, em parte por evaporação do solvente ou coalescência. Já para as Betuminosas somente evaporação do solvente.

Dentro deste grupo podem ser destacadas as seguintes tintas:

3.2.1 Tintas a óleo

As tintas com veículo a óleo são aquelas cujo agregante são os óleos secativos. Os óleos secativos possuem insaturações e curam por oxidação com o ar. Os principais óleos usados em tintas são: óleos de linhaça, óleo de soja, óleo de oiticica, óleo de tungue. Alguns óleos não-secativos podem também ser utilizados na formulação de tintas, com a função plastificante, como é o caso dos óleos de mamona e de coco. O óleo de mamona, quando desidratado, torna-se secativo. Esses tipos de tintas a óleo possuem secagem mais demorada e são saponificáveis, sendo, portanto, recomendáveis somente para atmosferas pouco agressivas e não devem ser usadas em pinturas de imersão.

3.2.2 Tintas de resinas alquídicas modificadas com óleo

As resinas alquídicas surgiram da necessidade de se melhorar as propriedades físico-químicas das tintas à óleo. Os óleos apresentam o inconveniente de terem secagem muito lenta, baixa resistência as intempéries e amarelamento. Com o advento das resinas alquídicas, muitas dessas propriedades foram melhoradas em virtude da ampla possibilidade de combinação de matérias-primas.

A palavra alquídica origina-se do inglês *Alkyd* (*alcohol and acid*) e se refere à poliésteres que são modificados por óleos e/ou ácidos graxos (óleos de linhaça, soja, mamona, tungue e oiticica). São obtidas pela reação entre poliálcoois e poliácidos, resultando em um poliéster. A secagem destas tintas dá-se em parte por evaporação do solvente ou coalescência e, em parte, principalmente, pela oxidação do óleo secativo. Apresentam temperatura limite de utilização da ordem de 60 a 80°C.

3.2.3 Tintas de resinas fenólicas modificadas com óleo

As resinas fenólicas são obtidas pela reação entre o fenol e um aldeído. A reação de polimerização das resinas fenólicas necessita de energia térmica, por este fato, elas são usadas modificadas com óleo, a fim de que possam curar à temperatura ambiente. A secagem destas tintas dá-se em parte pela evaporação do solvente e, em parte, principalmente, pela oxidação do óleo secativo. Estas tintas têm maior resistência química e a umidade comparada com as tintas a óleo e as

alquídicas modificadas com óleo e boa resistência a ação de raios ultravioleta.

3.2.4 Tintas betuminosas

São as tintas fabricadas através da solução de asfaltos e piches. A secagem dá-se somente pela evaporação do solvente. São tintas de boa resistência à umidade e, portanto, recomendáveis para ambientes úmidos ou imersão em trabalhos de pouca responsabilidade e onde a cor preta puder ser aplicada.

Uma das combinações de maior utilização no campo da proteção anticorrosiva envolve a mistura de resinas betuminosas, mais precisamente o alcatrão de hulha, com resinas epoxídicas. Neste caso, temos as chamadas tintas à base de alcatrão de hulha-epóxi, que além da excelente resistência a umidade, apresenta boas propriedades mecânica e boa resistência química.

As características fundamentais comuns desse grupo de tinta, são:

- Exigência de excelente limpeza de superfície, ou seja, jateamento ao metal branco ou hidrojateamento severo;
- Mecanismo de formação de filme, em geral, por polimerização ou conversão, sendo que as hidrossolúveis secam, também, por coalescência;
- Indicadas para ambiente altamente agressivos ou condições severas de utilização (imersão, superfícies quentes, entre outros).

3.2.5 Tintas epóxi

A palavra epóxi vem do grego “*EP*” (sobre ou entre) e do inglês “*OXP*” (oxigênio), literalmente o

termo significa oxigênio entre carbonos. O termo refere-se a um grupo constituído por um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de carbono. O Grupo epóxi mais simples é aquele formado por um anel de 03 elementos, o qual o termo a-epóxi ou 1,2-epóxi é aplicado. O óxido de etileno é um exemplo desse tipo. Os termos 1,3 e 1,4-epóxi são aplicados ao óxido de trimetileno e tetrahidrofurano.

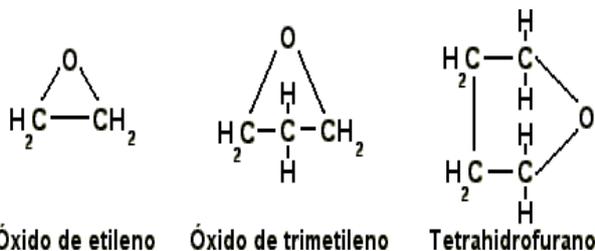


Figura 6: Grupos Epóxis

As resinas epóxi são polímeros caracterizados pela presença de grupos glicídila (epóxi) em sua molécula, além de outros grupos funcionais como a hidroxila. Elas são comercializadas desde as décadas de 30 e 40 e são obtidas basicamente por reação de condensação entre a epicloridrina e o Bisfenol A, dando assim, a resina mais comum e conhecida como (EDGBA) Éter de Diglicidíu de Bisfenol A.

A seguir, apresentamos estrutura geral da resina epóxi.

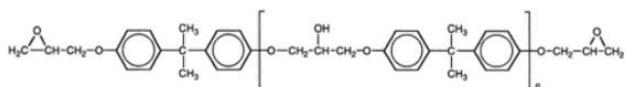


Figura 7: Estrutura geral da resina epóxi

Dependendo no valor de n (unidade de repetição), a resina pode apresentar uma grande cadeia molecular, com grupos hidroxilas e em suas extremidades os grupos epoxídicos. As tintas fabricadas com estas resinas são de alta performance e de grande uso no Brasil. Estas tintas, geralmente

são fornecidas em dois componentes, um contendo o pré-polímero epóxi e o outro o agente de cura que em geral, pode ser amina, amida ou isocianato.

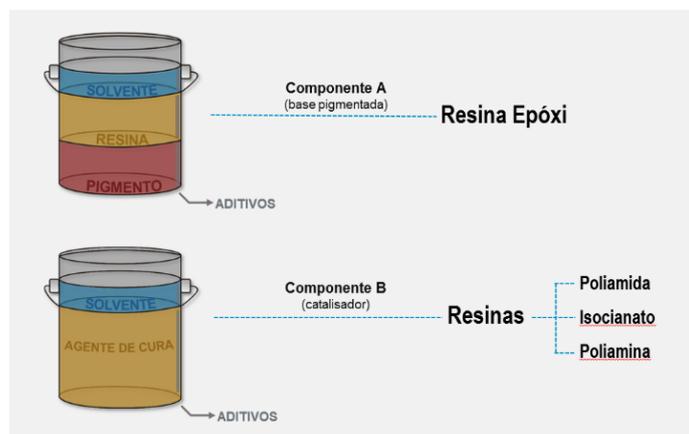


Figura 8: Componentes A e B de tintas epóxis

As tintas epóxis, geralmente são formuladas em alta espessura (da ordem de 120 a 150 μm por demão) e com pigmentos lamelares do tipo óxido de ferro, micáceo ou alumínio, proporcionando excelente proteção por barreira. Estas tintas têm tido um grande incremento em seu uso em manutenção industrial, particularmente em locais onde o jateamento abrasivo for de difícil execução.

3.2.5.1 Agentes de cura das tintas epóxis

As resinas epóxis sozinhas não tem propriedades interessantes para tintas. É necessário reagí-las com outras resinas, chamadas de “catalisadores”, agentes de cura ou endurecedores, que dependendo da sua natureza química proporcionará propriedades diferentes e específicas para cada tipo de aplicação.

Os agentes de cura se dividem em cinco grupos básicos:

1. Agente de cura poliamida

As tintas epóxis, curadas com poliamidas são muito utilizadas como primer, intermediário ou acabamento em diversos esquemas de pintura na indústria, em plataforma marítima, áreas portuárias.

- Boa resistência a: umidade e imersão em água;
- Bom desempenho quanto a: aderência, flexibilidade e impacto;

2. Agente de cura com poliamina

A tintas epóxis, curadas com poliamina são muito utilizadas como primer, intermediário ou acabamento em interiores de tanques e tubulações de produtos químicos e solventes. Possuem alta resistência a: umidade e imersão em água, produtos químicos, ácidos e bases fracas, solventes, combustíveis e lubrificantes. Excelente resistência física e química.

3. Agente de cura poliisocianato (Promotor de aderência)

As tintas epóxis, curadas com poliisocianatos são muito utilizados como promotor de aderência em aço carbono galvanizado, alumínio, metais não ferrosos e compósitos e/ou poliéster reforçado com fibra de vidro (*fiberglass*). As resinas epóxi reagem com os isocianatos, devido ao elevado número de oxidrilas ao longo do de sua cadeia. A fim de obter, no entanto, o máximo de reatividade entre os componentes, introduz-se na cadeia da resina epóxi um número maior de oxidrilas.

4. Agente de cura fenolamina

As tintas epóxis, curadas com *fenolamina* possibilita ao formulador de tinta, controlar o tempo de vida útil da mistura (*pot-life*) e o tempo de cura,

mesmo em baixa temperatura (0° C). Possui excelente resistência à umidade durante a cura e oferece uma boa resistência química e a flexibilidade.

Estas propriedades únicas tornam este tipo de tinta, uma excelente opção para o segmento naval e offshore e também para locais onde não é desejável o cheiro característico dos solventes aromáticos, possibilitando produtos *Low VOC*, com baixo teor de compostos orgânicos voláteis.

5. Agente de cura acetimina

O termo cetimina vem do inglês *Ketimine*. É um agente de cura que proporciona um tempo de cura e resistência similar às aminas alifáticas, mas oferecem vantagens em relação ao tempo de vida útil da mistura (*pot-life*) e em especial, do ponto de vista de aplicação. As tintas formuladas com este tipo de agente de cura são recomendadas para aplicação em ambientes com elevada umidade relativa do ar (até mesmo acima de 85%) e também sobre superfícies úmidas.

A cetimina é bloqueada em ambientes de baixa umidade, mas o contrário ocorre durante aplicação da tinta em locais onde houver umidade residual no substrato e/ou no ambiente, desbloqueando-a, liberando amina para reagir com o grupo epoxídico, secando e curando o produto lentamente liberando cetona (MIBK), que por sua vez é volátil.

3.2.5.2 Tintas éster de epóxi

As resinas epóxi podem também ser modificadas com óleo secativo, dando origem as chamadas éster de epóxi, que são comparáveis ou superiores as alquídicas e fenólicas modificadas com óleos. A secagem ou cura das tintas epóxi dá-se por polimerização (polimerização por condensação). As tintas éster de epóxi, são monocomponentes e são usadas tradicionalmente em formuladas de *primers* anticorrosivos e tintas ricas em zinco para proteção do metal. Estas tintas proporcionam excelentes propriedades adesivas, também dureza e flexibilidade. Algumas resinas éster de epóxi de nova geração, são utilizadas em formulações de tintas à base de água, tintas ecologicamente corretas.

3.2.5.3 Tinta de alcatrão de hulha epóxi

As resinas epóxis também podem reagir com produtos betuminosos (alcatrão), sendo fornecidas em duas embalagens, um contendo o alcatrão de hulha mais a resina poliamida ou poliamina, e a outra contendo a resina epóxi. Esta mesma tinta, é conhecida por diferentes terminologias, como por exemplo, *coal tar epoxy*, epoxídicas betuminosas e alcatrão de hulha epóxi.

São tintas que dependendo da formulação podem ser aplicadas em altas espessuras, entre 125 µm e 400 µm. Tais tintas associam as propriedades de excelente resistência e inércia química, do alcatrão de hulha, com a excelente resistência a imersão em água, das resinas epóxis, obtendo um excelente custo/benefício do produto final.

Estas tintas têm usos recomendados como revestimento único em peças e estruturas submersas ou enterradas. Cada vez mais, em função de uma crescente pressão social, as tintas epóxis de alcatrão de hulha estão deixando de serem especificadas e recomendadas para utilização nos novos planos e esquemas de pintura em função do seu nível de toxidez e estão sendo gradativamente substituídas pelas tintas epóxis *tar free*.

3.2.5.4 Tintas epóxis *tar free*

As tintas Epóxis *Tar Free* levam vantagens em relação as tintas de alcatrão de hulha epoxídicas uma vez que, estas tintas não apresentam metais pesados como chumbo, cádmio, cromo ou mercúrio na sua composição, o que as classificam entre as tintas ecológicas (*heavy metal-free paint*).

São tintas de alto teor de sólidos por volume (HS – *High Solids*) e que propiciam aplicação em espessuras de película seca que variam entre 0,2mm à 1mm, com baixíssimo teor de compostos orgânicos voláteis, que também as classificam dentre as tintas (*Low VOC*).

3.2.5.5 Shop primer epóxi

Trata-se de uma tinta epóxi, amina, bicomponente, de secagem rápida, excelente

aderência, de fácil aplicação e bom rendimento. Suas principais características são: sua aderência sobre metais não ferrosos, aplicação em baixa espessura, não interfere na qualidade dos processos de solda, ótima resistência mecânica, secagem rápida e é compatível com diversos tipos de acabamentos.

3.2.5.6 Tintas epóxis ricas em zinco

Trata-se de tintas de alta performance, para utilização como tinta de fundo. São altamente pigmentadas em zinco, com teor de pó de zinco, em peso, entre 75 a 95% na película seca. É uma tinta com veículo epóxi, curada com amida. É recomendada como tinta de fundo, de alta performance, para atmosferas altamente agressivas e onde se deseja maior vida útil do esquema de pintura.

As tintas epóxis ricas em zinco propiciam proteção catódica ao aço carbono. Evitam a progressão da corrosão em áreas da pintura que eventualmente sofrem danos mecânicos. Deve ser aplicada sobre aço carbono jateado, mas pode ser usada para retoques em sistemas de pintura compostos com tintas inorgânicas de zinco. Pode receber como acabamento, tintas epóxi ou epóxi betuminosas.

3.2.6 Poliuretano

As tintas de poliuretano são consideradas tintas de alta performance, apresentando propriedades de excelente resistência à radiação ultravioleta do sol (resinas acrílicas poli-hidroxi-ladas curadas isocianatos alifáticos), resistência a ambientes agressivos, fortemente poluídos, sujeitos a exposição e derrames de alguns produtos químicos

(resinas de poliéster curadas com isocianato alifático), e também alto sólidos, secagem rápida, bom aspecto, propriedades niveladores e de fácil lixabilidade (resinas de poliéster curadas com isocianato aromático).

Basicamente, as resinas de poliuretano são obtidas da reação de polióis, polímeros hidroxi-lados (OH) com isocianatos (NCO). Os polióis podem ser resinas de poliéster ou acrílicas poli-hidroxi-ladas e os isocianatos são resinas de isocianato alifático ou isocianato aromático.

- **Agente de cura a base de Isocianato Alifático:** Os poliisocianatos alifáticos e ciclo-alifáticos permitem obter tintas de poliuretano, com excelentes propriedades de resistência a intempéries, pois, esses isocianatos são resistentes à ação dos raios ultravioleta. Essas tintas também se caracterizam por uma excelente estabilidade da cor.
- **Agente de cura a base de Isocianato Aromático:** É recomendado para ambientes abrigados onde se deseja uma tinta de poliuretano de boa aderência, secagem rápida e boa lixabilidade, contudo, apresentam baixa resistência à radiação ultravioleta do sol e menor estabilidade de cor.

3.2.6.1 Poliuretano Poliaspártico

A tecnologia dos revestimentos poli aspárticos é baseada na reação de éster poli aspártico que é uma diamina alifática secundária com isocianato alifático. Esta tecnologia era inicialmente usada em formulações de tintas de poliuretano bicomponentes convencionais, à base de solventes porque os ésteres poli aspárticos são excelentes diluentes reativos para

tintas de poliuretano de altos sólidos. Na reação, o éster poli aspártico se fixa e deixa de ser volátil.

A reatividade única e ajustável dos ésteres poli aspárticos permitem a criação de revestimentos de cura rápida à medida das necessidades de cada aplicação. O recurso de cura rápida destes revestimentos pode proporcionar melhorias significativas de produtividade, economia de dinheiro, juntamente com aplicação em alta espessura, cura a baixa temperatura e resistência à abrasão e à corrosão. No entanto, os revestimentos poli aspárticos são muito diferentes em ambas aplicações e propriedades de desempenho de revestimento das poliurétrias convencionais.

Esta tinta é recomendada quando se deseja maior retenção de cor, não amarelando com tempo. Mas, também aqui, há diferenças notáveis. Os revestimentos poli aspárticos, por exemplo, pode ser formulado para se obter altíssimo teor de sólidos por volume (70-100% de sólidos) e também pode ser aplicado em espessuras muito elevadas (variando entre 150 µm e 250 µm numa única demão).

As tintas poli aspárticas tem secagem muito mais rápida do que os poliuretanos alifáticos de secagem convencional e são recomendados em aplicações onde a cura rápida significa efetivamente “maior produtividade” na operação de pintura.

3.2.7 Tintas de silicone

As tintas de silicone também podem ser consideradas tintas “híbridas”, semi-orgânicas ou poliorganos-siloxanos, nome genérico dado às resinas de silicone. Estas resinas de silicone podem ser combinadas com resinas alquídicas e acrílicas, sendo esta última a mais utilizada.

As resinas combinadas, ou copolimerizadas permitem que a tinta ofereça uma secagem ao toque e podem resistir algum tempo antes de serem colocadas em cura por aquecimento (pré-cura).

Depois de atingir temperaturas ao redor de 400 °C todos os materiais orgânicos da resina são decompostos por ação do calor (pirólise). O produto que resta tem uma composição estequiométrica de SiO₂. É esta camada que firmemente liga pigmentos e cargas entre si e ao substrato (mecanismo de aderência química).

Já as tintas de silicones pura são recomendadas para pintura de equipamentos que operem com temperatura ao calor seco de até 500 °C e 600°C. Estas tintas são pigmentadas com óxido de ferro preto e alumínio, pois são pigmentos que resistem a degradação do calor de 600 °C e 650 °C respectivamente. Elas necessitam de pré-cura, devendo se elevar a temperatura gradualmente, 50 °C/hora até atingir a faixa de temperatura que pode variar entre 180 e 230°C, mantendo-a por aproximadamente 3 horas.

Via de regra, tintas de silicone são recomendadas sobre primer inorgânico de zinco, uma vez que desta forma, a proteção anticorrosiva é aumentada, contudo, em alguns casos, também podem ser aplicadas diretamente sobre o metal.

3.3 Tintas com veículos inorgânicos

Há dois tipos de tintas de silicato: as de silicato de etila (que são a base de solventes orgânicos como o álcool etílico ou isopropílico) e silicato inorgânico (que é hidrossolúvel, a base d' água).

3.3.1 Silicato de etila

As tintas à base silicato de etila reagem com o zinco em pó na presença de umidade do ar (vapor de água – H₂O) e gás carbônico (CO₂), produzindo silicato de zinco. A título de ilustração, estas tintas contém o teor de zinco metálico na película entre 75 e 81%.

3.3.2 Silicatos Inorgânicos

As tintas de silicatos inorgânicos contém no componente A, silicatos de sódio, potássio ou lítio, que se ligam ao pigmento de zinco formando silicato de zinco e ao aço, formando silicato de ferro. A título de ilustração, estas tintas contém o teor de zinco metálico na película em torno de 84%.

O solvente desta tinta é água, e, por isso, tem vantagens do ponto de vista de recomendação, uma vez que podem ser aplicadas em locais fechados sem riscos de incêndio e explosão. Ambas tintas (Silicato de etila e silicato inorgânico) são inorgânicas depois de curadas e por este motivo, suportam temperaturas de até 500 °C.

4 ARMAZENAMENTO DE TINTAS

O armazenamento de tintas líquidas, solventes e diluentes, deve ser feito de maneira correta a fim de evitar quaisquer acidentes, manter a qualidade do produto, evitar perda de material e assegurar a segurança das pessoas que transitam próximas ao local de armazenamento. Para isso algumas precauções devem ser tomadas.

O piso do local deve ser impermeável, não combustível e que contenha valas que permitam o escoamento para os reservatórios de contenção. Tanques de estocagem devem ser circundados por diques de contenção e ter drenos para o caso de vazamento. A estocagem em locais improvisados para as embalagens de tintas e diluentes pode resultar em perdas de qualidade e na quantidade de produto.

Devemos lembrar que as tintas contêm em sua composição, solventes voláteis que podem incendiar mediante contato com faíscas elétricas ou mecânicas.

4.1 Condições de armazenamento

- Estocar o material em locais secos, cobertos, bem ventilados e identificados;
- Manter o produto longe das fontes de calor, afastado de alimentos e agentes oxidante;
- Evitar expor o produto a temperaturas elevadas, sol e chuva;
- O ideal é que a área de estocagem fique em uma sala em separado do galpão a pelo menos 15 metros de distância em área térrea;
- Dispor o material sobre sistema de pallets e não diretamente sobre o piso, evitando que ocorra oxidação das embalagens metálicas e conseqüentemente vazamento de tintas
- O local deve ser de fácil acesso e com as vias de acesso sempre desimpedidas;
- Remover as latas das caixas de papelão, quando enviadas embaladas nas mesmas
- Instalar no local extintores de pó químico seco, tanto na área interna como externa em local visível;
- O local deve ser bem iluminado, se possível

com luz natural, através de janelas com vidros aramados;

- A temperatura da sala de armazenamento não deverá ultrapassar a 40°C.

4.2 Cuidados no armazenamento

- Armazenar as embalagens de forma que possibilite a retirada em primeiro lugar das latas de lotes mais antigos. Isto impede que as latas recebidas sejam colocadas na frente, permanecendo no fundo as latas mais antigas, ultrapassando assim o seu prazo de validade;
- Pode-se armazenar as latas de tamanho de galão e menores nas prateleiras inicialmente com a boca para baixo e que sejam invertidas a cada 3 meses. Este processo possibilita maior vedação da tampa pelo lado interno e diminuição de provável sedimentação;
- Efetuar o empilhamento de embalagens de acordo com a orientação abaixo, evitando que ocorra danos nas embalagens de baixo, vindo a causar possíveis vazamentos;

Tipo de Embalagem	Capacidade	Empilhamento Máximo
Galão	3,6 litros	10
Balde	20 litros	5
Tambor	200 litros	3

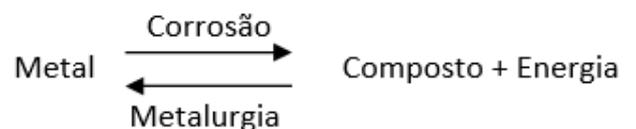
- Tomar muito cuidado ao abrir as embalagens de tintas, catalisadores e diluentes, para não danificar as tampas, pois, as mesmas deveriam ser permanecer bem fechadas enquanto não estiver em uso;
- Identificar a área com placas de sinalização bem visíveis: “proibido fumar”;

- Ao remover a tinta de dentro da embalagem, entornar a tinta sempre pelo lado contrário a colocação da etiqueta para não obstruir os dados sobre o produto;
- A etiqueta do produto contém muitas informações importantes para o pintor, como nome do produto, código do produto, número de lote, prazo de validade, proporção de catalisação, qual componente utilizar e diluente recomendado.

5 CORROSÃO

5.1 Conceitos e importância da corrosão

Corrosão é a deterioração dos materiais, especialmente os metálicos, pela ação eletroquímica ou química do meio. Por meio do processo corrosivo, o material passa da forma metálica, energeticamente metaestável, para a forma combinada, energeticamente mais estável, resultando em um desgaste, perda de propriedades, alterações estruturais, entre outro.



As reações de corrosão são espontâneas. Enquanto na metalurgia adiciona-se energia ao processo para a obtenção do metal, na corrosão observa a volta espontânea do metal à forma combinada, com consequente liberação de energia. Este ciclo é denominado de “ciclo dos metais”.



Figura 9: Ciclo dos metais

O estudo da corrosão envolve conhecimento de vários campos da ciência, dentre os quais podem ser destacados:

- Química;
- Eletroquímica;
- Metalurgia;
- Termodinâmica;
- Físico-Química;
- Cinética Química.

Os processos corrosivos estão presentes em todos os locais e a todo instante da nossa vida diária. Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como, por exemplo, nas indústrias química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, nos meios de transporte aéreo, ferroviário, marítimo, em sistemas de telecomunicações, na odontologia (aparelhos de prótese, restaurações metálicas), na medicina (uso de implantes cirúrgicos na ortopedia) e na preservação de monumentos históricos, deterioração de automóveis, eletrodomésticos, estruturas metálicas, instalações industriais, etc.

A importância do estudo da corrosão está consubstanciada em:

- Viabilizar economicamente as instalações industriais construídas com materiais metálicos;
- Manter a Integridade Física dos Equipamentos e instalações industriais;
- Garantir a Máxima Segurança Operacional, evitando-se paradas operacionais não-programadas e lucros cessantes;
- Garantir a máxima Segurança Industrial, evitando-se acidentes e problemas de poluição ambiental.

Com o avanço tecnológico, mundialmente alcançado, o custo da corrosão se eleva tornando-se um fator de grande importância. Em termos de quantidade de material danificado pela corrosão, estima-se que uma parcela superior a 30% do aço produzido no mundo seja usada para reposição de peças e partes de equipamentos e instalações deterioradas pela corrosão.

Sob o ponto de vista de custo, estima-se em 3,5% do Produto Interno Bruto o dispêndio com a corrosão em países industrializados. Na avaliação econômica dos processos corrosivos não devem ser levadas em consideração somente as perdas diretas, mas, também as indiretas.

São perdas diretas: custos de substituição de peças ou equipamentos que sofreram corrosão, incluindo-se energia e mão-de-obra, e custos e manutenção dos métodos de proteção (pinturas anticorrosivas, proteção catódica, etc.).

Sendo a corrosão um processo espontâneo, pode-se prever que a maioria dos metais seria imprópria à utilização industrial. Esta utilização é, no entanto, possível graças ao retardamento da velocidade das reações, que se consegue entre outras

formas pelos fenômenos de polarização e passivação, os quais, associados aos processos de proteção, proporcionam a utilização econômica e segura dos materiais metálicos.

Dos processos de proteção anticorrosiva utilizados, a pintura industrial constitui o de maior importância se considerados os aspectos de viabilidade técnica e econômica e extensão de sua aplicação.

As perdas indiretas são mais difíceis de serem avaliadas, mas pode-se afirmar que, em muitos casos, totalizam custos mais elevados do que aqueles causados por perdas diretas. Pode-se citar como exemplo de perdas indiretas:

- Paralisações acidentais, para limpeza de permutadores ou trocadores de calor ou para substituição de tubos corroídos, podem custar relativamente pouco, mas a parada da unidade representa grandes custos no valor da produção;
- Perda de produto, como perdas de óleo, gás ou água através de tubulações corroídas; Perda de eficiência proveniente da diminuição da transferência de calor através de depósitos ou produtos de corrosão, como no caso de caldeiras de trocadores de calor;
- Perda de carga em tubulações de condução de água potável devida aos depósitos de tubérculos de óxido de ferro;
- Contaminação de produtos por sais metálicos provenientes da corrosão de embalagens metálicas ou tubulações metálicas;
- Superdimensionamento nos projetos de reatores, oleodutos, tanques de armazenamento, vasos de pressão, etc.
- Em alguns setores, embora a corrosão não seja muito representativa em termo de custo direto

deve-se levar em consideração o que ela pode representar em:

- Questões de segurança: corrosão localizada muitas vezes resulta em fraturas repentinas de partes críticas de equipamentos, aviões e pontes causando além de perdas materiais, perdas de vidas humanas;
- Interrupção de comunicações: corrosão em cabos telefônicos e em sistemas de telecomunicações;
- Preservação de monumentos de valor históricos inestimável: corrosão atmosférica acelerada pelos poluentes atmosféricos como óxidos de enxofre que formam ácido sulfuroso e sulfúrico, componentes da chuva ácida que não só ataca materiais metálicos, mas também ocasiona a deterioração de materiais não metálicos como mármore e argamassa de cimento, usados em obras de grande importância histórica;
- Inconvenientes para o ser humano: a odontologia e diferentes setores da medicina utilizam diferentes materiais metálicos sob a forma de instrumental cirúrgico, restaurações, próteses e implantes cirúrgicos, para consolidação de fraturas ósseas que devem resistir à ação corrosiva do soro fisiológico (solução aquosa com cerca de 1% de cloreto de sódio);
- Conservação de reservas naturais: tendo em vista a destruição dos materiais metálicos pela corrosão, há necessidade de produção adicional para repor o que foi destruído.

5.2 Tipos de processo de corrosão

De uma forma geral, os processos corrosivos podem ser classificados em dois grandes grupos,

abrangendo a maior parte dos casos de deterioração por corrosão existente na natureza.

5.2.1 Corrosão eletroquímica

Corrosão eletroquímica é um processo que se realiza na presença de água, em geral na temperatura ambiente, devido à formação de uma pilha ou célula de corrosão. Também denominada corrosão em meio aquoso.

A pilha de corrosão eletroquímica é constituída de quatro elementos fundamentais:

- Área anódica: superfície onde se verifica o desgaste (reações de oxidação);
- Área catódica: superfície protegida onde não há desgaste (reações de redução);
- Eletrólito: solução condutora ou condutor iônico, que envolve simultaneamente as áreas anódicas e catódicas;
- Ligação elétrica: entre as áreas anódicas e catódicas.

Os processos de corrosão eletroquímica são os mais frequentes na natureza e se caracterizam basicamente por:

- Realizarem-se necessariamente na presença de água.
- Realizarem-se em temperaturas abaixo do ponto de orvalho, sendo a grande maioria na temperatura ambiente.
- Realizarem-se devido à formação de pilhas de corrosão.

Como consequência do funcionamento das pilhas tem-se a reação de oxidação em um local e a reação de redução em outro, havendo um

deslocamento dos elétrons envolvidos entre os dois locais.

5.2.2 Corrosão química

Também denominada corrosão em meio não-aquoso ou corrosão seca. Esses processos são menos frequentes na natureza e surgiram basicamente com a industrialização, envolvendo operações em temperaturas elevadas. Também conhecidos como corrosão ou oxidação em altas temperaturas.

Tais processos corrosivos se caracterizam basicamente por:

- Realizarem-se necessariamente na ausência de água.
- Realizarem-se devido à interação direta entre o metal e o meio corrosivo, não havendo deslocamento de elétrons, como no caso das pilhas de corrosão eletroquímica.

Pode-se ter a presença de substâncias agressivas associadas a temperaturas elevadas. Algumas substâncias agressivas atuam no estado de gás ou vapor, e outras fundidas. Entre os meios corrosivos a altas temperaturas estão: enxofre e gases contendo enxofre, hidrogênio, vapor de água, amônia NH_3 , carbono e gases contendo carbono, cinzas de óleos combustíveis contendo enxofre, sódio e vanádio.

5.3 Classificação dos processos corrosivos

A classificação dos processos corrosivos pode ser apresentada segundo diferentes pontos de vista, tendo-se em relação:

- Às formas da corrosão: Uniforme, placas, alveolar, puntiforme, intergranular, trasgranular, filiforme, esfoliação, grafítica, dezincificação, em torno de solda e empoamento pelo hidrogênio.
- Ao mecanismo eletroquímico de corrosão: Corrosão galvânica e corrosão eletrolítica.
- Às condições operacionais: Corrosão sob tensão fraturante, corrosão sob fadiga, corrosão sob atrito, corrosão – erosão, corrosão por pilhas de concentração e corrosão por aeração diferencial.
- Ao meio corrosivo: Corrosão atmosférica, pelo solo, pela água, por microrganismos e em temperaturas elevadas.

5.3.1 Formas de corrosão

A corrosão pode ocorrer, quanto ao aspecto, sob diferentes formas, e o conhecimento das formas é muito importante no estudo de um processo corrosivo. A caracterização da forma de corrosão auxilia bastante no esclarecimento do mecanismo e na aplicação de medidas adequadas de proteção.

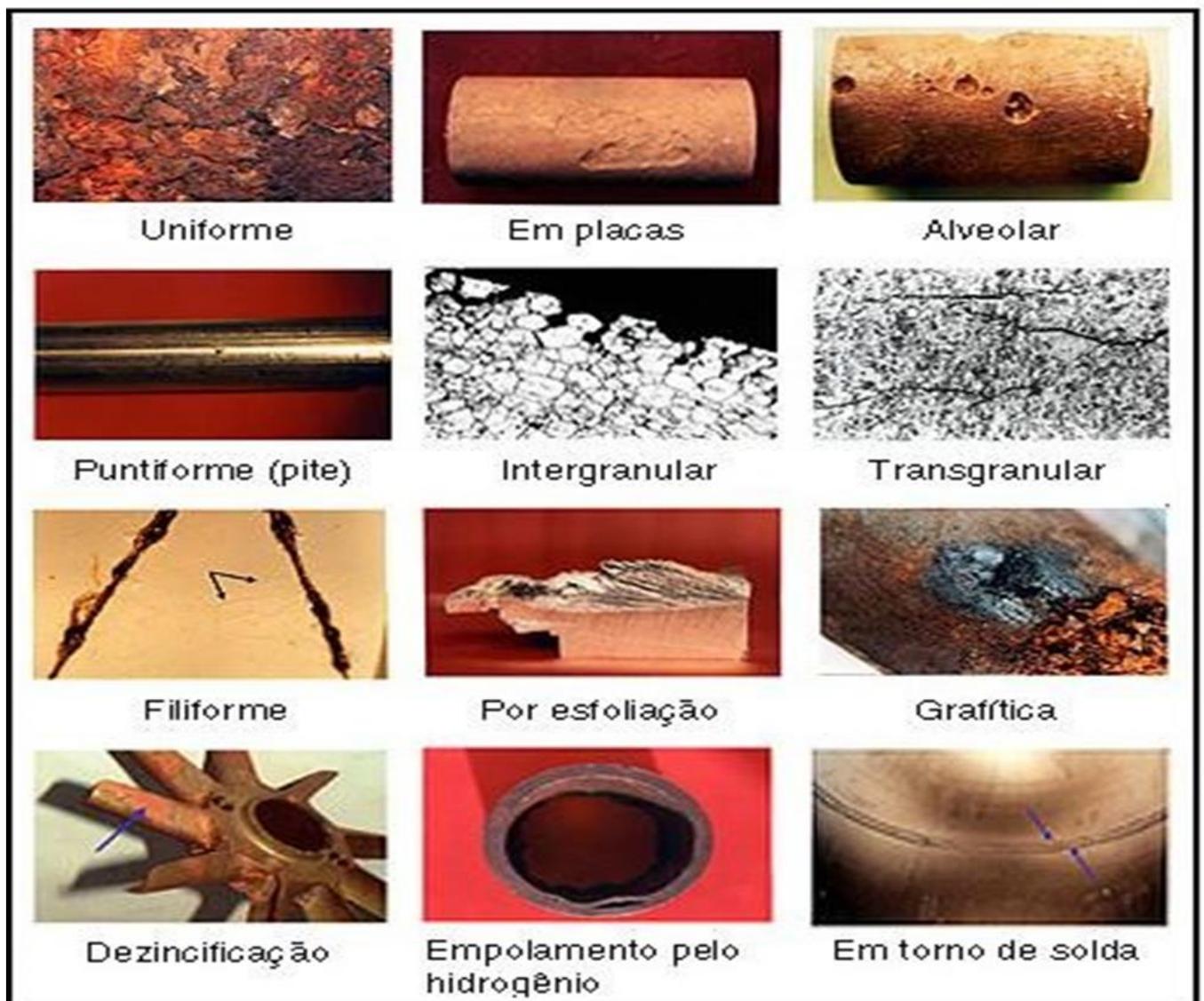


Figura 10: Tipos de corrosão

- **Uniforme:** a corrosão se processa em toda a extensão da superfície, ocorrendo perda uniforme de espessura, com formação, como no caso do ferro, de escama de ferrugem. É chamada, por alguns de corrosão generalizada, o que não é aceito de maneira ampla, pois se pode ter também corrosão por alvéolos ou pites, de maneira generalizada em toda a superfície metálica.
- **Placas:** a corrosão se localiza em regiões da superfície metálica e não em toda sua extensão, formando placas com escavações.
- **Alveolar:** a corrosão se processa produzindo sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor que o seu diâmetro.
- **Puntiforme:** a corrosão se processa em pontos ou em pequenas áreas localizadas na superfície metálica, produzindo pites, que são cavidades apresentando profundidades geralmente maiores que seus diâmetros. Em decorrência do aspecto tem-se a conhecida corrosão por pite ou por *pitting*. Deve-se considerar que não existem limites rígidos na diferenciação das formas de corrosão alveolar e puntiforme, sendo importante, porém, considerar que elas são entre as quatro formas de corrosão apresentadas, as que trazem maiores inconvenientes aos equipamentos, ocasionando perfurações em áreas localizadas.
- **Intergranular** (intercristalina): a corrosão se processa entre os grãos da rede cristalina do material metálico.
- **Transgranular:** a corrosão se processa atravessando os grãos da rede cristalina do material metálico.

Nessas duas formas de corrosão, embora não haja perda de massa significativa, ocorre o comprometimento das características mecânicas dos materiais metálicos, os quais perdendo suas propriedades mecânicas podem fraturar quando solicitados por esforços mecânicos tendo-se então, a corrosão sob tensão fraturante, chamada também, corrosão sob tensão ou por estresse.

Evidentemente elas assumem maior gravidade do que aquelas anteriormente apresentadas. Quando a solicitação mecânica é permanentemente aplicada tem-se a corrosão sob tensão fraturante e, quando a solicitação é cíclica, isto é, não constante, tem-se a corrosão sob fadiga, tendo-se, nos dois casos, fraturas no material metálico. As ligas de cobre em presença de soluções amoniacaís e solicitações mecânicas sofrem facilmente a corrosão sob tensão fraturante.

- **Filiforme:** a corrosão se processa sob a forma de filamentos que se propagam em diferentes direções, porém não em profundidade. Ocorre geralmente em superfícies metálicas com revestimentos a base de estanho, níquel, e outros, ou não metálico (tintas), em presença de umidade relativa elevada, da ordem de 85% e revestimentos mais permeáveis a penetração de oxigênio e água. Ela se inicia, comumente, em risco, ou falhas, em revestimentos, que atinjam o substrato, isto é, a superfície metálica. Embora não ocasionando grande perda de massa do material metálico, produzem nas superfícies pintadas, os filamentos que fazem com que a película de tinta se desprenda.
- **Esfoliação:** a corrosão se processa em diferentes camadas e o produto de corrosão, formado entre a estrutura de grãos alongados, separa as

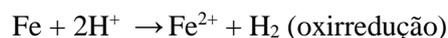
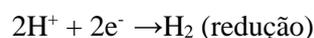
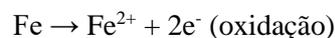
camadas ocasionando o inchamento do material metálico.

- **Corrosão gráfitica:** a corrosão se processa no ferro fundido cinzento e o ferro metálico é convertido em produtos de corrosão, restando à grafite intacta. Observa-se que a área corroída fica com aspecto escuro, característico do grafite, que pode ser facilmente retirada com uma espátula. Em tubulações de ferro fundido para condução de água potável, observa-se que, mesmo com corrosão gráfitica, a espessura da parede permanece com a sua dimensão praticamente original.
- **Dezincificação:** é a corrosão que ocorre em ligas de cobre-zinco (latões) observando-se o aparecimento de regiões com a coloração avermelhada, devida ao cobre, contrastando com a característica coloração amarela dos latões. A corrosão gráfitica e a dezincificação podem ser consideradas exemplo de corrosão seletiva, pois se tem a corrosão preferencial do ferro e zinco respectivamente.
- **Em torno de solda:** é a corrosão que se observa ao longo e ligeiramente, afastada do cordão de solda.
- **Empolamento pelo hidrogênio:** embora não sendo considerados por alguns autores como forma de corrosão, é comum estudá-los em livros de corrosão, pois o hidrogênio atômico, causador do processo, pode ser originado da corrosão do material metálico. O hidrogênio atômico, H, penetra no aço carbono e como tem pequeno volume atômico, difunde-se rapidamente para o interior do material metálico e em regiões com descontinuidades, como inclusões e vazios, ele se transforma em hidrogênio molecular (H₂), não mais se

difundindo, exercendo pressão e originando a formação de bolhas no material metálico, daí o nome de empolamento.

5.4 Mecanismo eletroquímico de corrosão

Oxidação é a perda de elétrons por uma espécie química e redução é o ganho de elétrons. Assim quando o ferro (Fe) é atacado por ácidos, como, por exemplo: clorídrico ou muriático (HCl), obtém-se as reações de oxirredução.



No caso de um metal qualquer, tem-se a relação geral de oxirredução:



(n= número de elétrons perdidos, e= elétrons)

Logo, quando os metais perdem elétrons, eles se oxidam, sofrendo, portanto, corrosão. Verifica-se, experimentalmente, que os metais apresentam diferentes tendências a oxidação. Assim em presença de ar e umidade verifica-se que o ferro se oxida mais do que o níquel e o ouro não se oxidam.

É, portanto, de grande ajuda para o estudo de processos eletroquímicos de corrosão dispor os metais em tabela que indique a ordem preferencial de ceder elétrons. Essa tabela é conhecida por tabela de potenciais de oxidação, sendo o sistema formado pelo metal e a solução vizinha do metal.

Quando se tem necessidade de unir dois materiais metálicos de potenciais diferentes, a consulta à tabela de potenciais é de grande utilidade.

Tabela de potenciais de oxidação

EXTREMIDADE ANÓDICA (MENOS NOBRE)
1 - Magnésio e suas ligas;
2 - Zinco;
3 - Alumínio comercialmente puro (1100);
4 - Cádmio;
5 - Liga de alumínio (4,5 Cu, 1,5 Mg, 0,6 Mn);
6 - Aço carbono;
7 - Ferro fundido;
8 - Aço inoxidável (13 Cr ativo);
9 - Ni-Resistente (ferro fundido com alto níquel);
10 - Aço inoxidável (ativo) AISI-304 (18-8 Cr-Ni);
11 - Aço inoxidável (ativo) AISI-316 (18-10-2 Cr-Ni-Mo);
12 - Liga de chumbo e estanho (solda);
13 - Chumbo;
14 - Estanho;
15 - Níquel (ativo);
16 - Inconel (ativo);
17 - Latões (Cu-Zn);
18 - Cobre;
19 - Bronze (Cu-Sn);
20 - Cupro níqueis (60-90 Cu, 40-10 Ni);
21 - Monel (70 Ni 30 Cu);
22 - Solda prata;
23 - Níquel (passivo);
24 - Inconel (passivo);
25 - Aço inoxidável ao cromo (11-13 Cr passivo)
26 - Aço inoxidável AISI-304 (passivo);
27 - Aço inoxidável AISI-316 (passivo);
28 - Prata;
29 - Titânio;
30 - Grafite;
31 - Ouro;
32 - Platina.

EXTREMIDADE CATÓDICA (MAIS NOBRE)
--

Nota: nesta série, os materiais agrupados apresentam pequena diferença de comportamento na água do mar.

5.4.1 Corrosão galvânica

Resulta do acoplamento de materiais metálicos com diferentes potenciais quando colocados acoplados em presença de um eletrólito (exemplo: água do mar), gerando uma transferência de cargas elétricas de um para o outro, por terem potenciais elétricos diferentes.

Ela se caracteriza por apresentar corrosão localizada próxima à região do acoplamento, ocasionando profundas perfurações no material metálico que funciona como ânodo.

Quando materiais metálicos de potenciais elétricos diversos estão em contato, a corrosão do material metálico que funciona como anodo é muito mais acentuada que a corrosão isolada deste material sob ação do mesmo meio corrosivo.

Exemplos que permitem explicar o mecanismo da corrosão galvânica, da proteção catódica com ânodos de sacrifício ou galvânicos e a natureza do produto de corrosão são as pilhas formadas pelos metais ferro, cobre e zinco, usando-se como eletrólito água salgada.

Analisando as reações de redução e oxidação, pode-se observar e concluir que:

- O metal que funciona como cátodo fica protegido, isto é não sofre corrosão. Esta conclusão explica o mecanismo da proteção catódica com ânodos de sacrifício ou galvânicos, bem como a razão de serem usados magnésio, alumínio e zinco como ânodos para proteção do ferro: daí o grande uso de ânodos de zinco, alumínio e magnésio para a proteção catódica, como anodos de sacrifício, para cascos de navios, tanques de armazenamento de petróleo ou tanques de navio que apresentam lastros de

água salgada, estacas de plataformas marítimas etc.

- A ligação entre materiais metálicos deve ser precedida de consulta à tabela de potenciais ou as tabelas práticas a fim de se prever a possibilidade de caracterização do ânodo e do cátodo, da pilha possivelmente resultante e indicação de medidas protetoras.
- Pode-se estabelecer uma pilha em que se tenha como fonte doadora de elétrons, não um metal, como visto nos casos anteriores, mas sim uma fonte de corrente contínua para imprimir a corrente necessária para proteção. Essas fontes são, mais frequentemente, retificadoras de correntes e, menos usuais, baterias convencionais, baterias solares e termo geradores. Nesse caso a estrutura a ser protegida é colocada como cátodo da pilha usando-se anodos inertes, para fechar o circuito elétrico. Os ânodos mais usados são:
 - Grafite, ferro silício e magnetita: no solo.
 - Ligas de ferro-silício-cromo, e chumbo-antimônio – prata, titânio platinizado e nióbio platinizado: em água do mar.
 - Essa proteção é chamada proteção catódica por corrente impressa ou forçada. Ela tem um campo de aplicação maior do que a proteção catódica com ânodos de sacrifício, aplicando – se em estruturas situadas em eletrólitos ou meios de baixa, e alta resistividade. E muito usada em grandes instalações como oleodutos, gasodutos, adutoras e estacas de píeres de atracação.

5.4.2 Corrosão eletrolítica

Corrosão por eletrólise ou eletrolítica ou corrosão por correntes de fuga, ocorre em tubulações

enterradas, como oleodutos, gasodutos, adutoras, minerodutos e cabos telefônicos.

Definida como sendo a deterioração de um material metálico forçado a funcionar como ânodo ativo de uma célula ou pilha eletrolítica. Geralmente as áreas corroídas se apresentam livre do produto de corrosão e, como é uma forma de corrosão localizada, em pouco tempo tem-se a formação de pites ou alvéolos com a consequente perfuração das tubulações. Logo, pode-se concluir que as áreas corroídas serão aquelas em que as correntes de fuga saem da tubulação, ou instalação metálica, para o eletrólito ou meio ambiente (solo ou água).

As medidas mais usuais de proteção são: drenagem de corrente, aterramento adequado de máquinas de solda, emprego de revestimento e emprego de proteção catódica. Essas medidas podem ser usadas isoladas ou conjuntamente. Quando elas atingem instalações metálicas enterradas podem ocasionar corrosão nas áreas onde abandonam essas instalações para retornar ao circuito original através do solo ou da água.

5.4.3 Corrosão sob atrito

Se as duas superfícies, em contato e sob carga, das quais pelo menos uma metálica, for sujeita a pequenos deslizamentos relativos, originados comumente por vibrações, observa-se a corrosão sob atrito, também chamada corrosão sob fricção ou corrosão por atrito oscilante. Na pilha formada a região anódica, portanto corroída, é aquela onde a concentração do íon metálico é menor, e a região catódica é aquela onde a concentração do íon metálico é maior.

É comum ocorrer essa pilha quando se têm superfícies metálicas superpostas e em contato, havendo, entre elas, pequenas frestas por onde o eletrólito possa penetrar. Ocorre também no contato entre superfícies metálicas e não metálicas, desde que haja frestas. A fresta deve ser suficientemente estreita para manter o meio corrosivo estagnado e suficientemente larga para permitir que o meio corrosivo penetre nela.

Conhecendo-se o mecanismo desse processo corrosivo, entende-se perfeitamente porque se procura como medidas de proteção: Usar massas de vedação, ou selantes, à base de silicones, epóxi ou asfalto em locais onde possa haver formação de frestas e presença de eletrólito.

5.4.4 Corrosão por aeração diferencial

É a corrosão que ocorre quando se tem um mesmo material metálico em contato com um eletrólito diferentemente aerado. Na pilha de aeração diferencial o ânodo é a área menos aerada e o cátodo a mais aerada. É uma corrosão localizada e, portanto, produz ataque acentuado em determinadas regiões ocorrendo à formação de pites ou alvéolos.

A corrosão por aeração diferencial é responsável por grande número de casos de corrosão nas mais variadas instalações e equipamentos industriais. Na junção de peças metálicas por rebites ou parafusos podem existir frestas e, como nessas frestas a aeração é pequena, resulta uma baixa concentração de oxigênio no eletrólito que se encontra em contato com o metal fora das frestas. Nota-se, que a área mais atacada, ou corroída é no interior das frestas.

Em estruturas metálicas colocadas no mar, como estacas de píeres de atracação e plataformas submarinas para prospecção de petróleo, observa-se corrosão mais acentuada na faixa de variação de maré e de respingos. Pode-se justificar este admitindo-se que além, por exemplo, da ação mecânica da água do mar associada com ondas haja a formação de pilhas de aeração diferencial, cujas áreas anódicas vão se deslocando conforme a maré vai subindo ou descendo.

Para evitar esta corrosão, tem sido bastante usado, com bons resultados, o emprego de revestimento com massa epóxi a dois componentes, aplicado nas estacas já montadas: faz-se na área de variação de maré o jateamento e a seguir aplica-se a massa epóxi, que polimeriza mesmo debaixo da água, atingindo-se espessura de cerca de 3 mm para proteção das partes sempre submersas recomenda-se o uso de proteção catódica, principalmente por corrente impressa ou forçada.

Os processos de corrosão por concentração iônica e por aeração, quando não se observam certas precauções, são frequentes e, por isso, têm muita importância as seguintes medidas que visam minimizar as possibilidades de ocorrência de condições causadoras:

- Reduzir, ao mínimo necessário, a possibilidade de frestas, principalmente em meios aquosos, contendo eletrólitos ou oxigênio dissolvidos;
- Especificar juntas de topo e ressaltar a necessidade de penetração completa do metal de solda, para evitar a permanência até mesmo de pequenas fendas;
- Usar soldas contínuas;
- Usar juntas soldadas ao invés de juntas parafusadas ou rebitadas;

- Impedir a penetração do meio corrosivo nas frestas por meio de massas de vedação ou selagem;
- Evitar frestas entre um isolante e o material metálico;
- Evitar cantos, áreas de estagnação ou outras regiões favoráveis à acumulação de sólidos;
- Especificar desenhos que permitam uma fácil limpeza da superfície, aplicação de revestimentos protetores e completa drenagem;
- Estabelecer uma rotina de frequente e completa limpeza nas áreas metálicas sujeitas ao acúmulo de depósitos e incrustações;
- Remover sólidos em suspensão;

5.5 Meios corrosivos

Os meios corrosivos no campo da corrosão eletroquímica são responsáveis pelo aparecimento de eletrólito. O eletrólito é uma solução eletricamente condutora constituída de água contendo sais, ácidos ou bases, ou ainda outros líquidos como sais fundidos. Os principais meios corrosivos e respectivos eletrólitos são:

- **Atmosfera:** o ar contém umidade, sais em suspensão (especialmente na orla marítima), gases industriais (especialmente gases de enxofre), poeira, etc. O eletrólito constitui-se da água que condensa na superfície metálica, na presença de sais ou gases de enxofre. Outros constituintes como poeira e poluentes diversos, podem acelerar o processo corrosivo;
- **Solos:** os solos contêm umidade e sais minerais. Alguns solos apresentam também características ácidas ou básicas. O eletrólito constitui-se principalmente da água com sais dissolvidos.
- **Águas naturais (dos rios, dos lagos ou do subsolo):** estas águas podem conter sais minerais, eventualmente ácidos ou bases, resíduos industriais, poluentes diversos e gases dissolvidos. O eletrólito constitui-se principalmente da água com sais dissolvidos. Os outros constituintes podem acelerar o processo corrosivo.
- **Água do mar:** esta água contém uma quantidade apreciável de sais, sendo desta forma um eletrólito por excelência. Outros constituintes como gases dissolvidos, podem acelerar o processo corrosivo.
- **Produtos químicos:** os produtos químicos, desde que em contato com água ou com umidade e sendo ionizáveis, formam um eletrólito, podendo provocar corrosão eletroquímica.

5.5.1 Classificação dos ambientes corrosivos

Os ambientes corrosivos ou as condições que favorecem a corrosão podem ser descritos da seguinte forma: quanto a atmosfera, quanto a imersão e quanto às condições corrosivas.

- **Atmosfera**
 - 1) *Atmosfera marinha:* sobre o mar e na orla marítima (até 500 metros da praia), com ventos predominantes na direção da estrutura a ser pintada;
 - 2) *Atmosfera próxima à orla marinha:* aquela situada além de 500 metros da praia e até aonde os sais possam alcançar;
 - 3) *Atmosfera industrial:* envolvem regiões com muitos gases provenientes de combustão, particularmente gases oriundos de combustíveis

com alto teor de enxofre e outros processos industriais;

- 4) *Atmosfera úmida*: locais com umidade relativa do ar média acima de 60%, com predominância de valores superiores a 75%;
- 5) *Atmosfera urbana e semiindustrial*: ocorre nas cidades onde se tem uma razoável quantidade de gases provenientes de veículos automotores e uma indústria razoavelmente desenvolvida; atmosfera rural e seca: locais, em geral no interior, onde não há gases industriais ou sais em suspensão e a umidade relativa do ar se apresenta com valores sempre baixos.

- **Imersão**

- 1) *Líquidos aquosos*: a agressividade dependerá da resistividade elétrica, que é função da presença de sais ou gases dissolvidos. A pior condição, neste caso, é a água salgada aerada.
- 2) *Derivados de petróleo*: são de modo geral pouco agressivos, com exceção do espaço de vapor em tanques de armazenamento que pode conter H₂S e tornar-se bastante agressivo e do petróleo bruto, sempre associado à água salgada.
- 3) *Produtos químicos*: a agressividade dependerá da presença de água ou de umidade e do grau de ionização da substância química.

- **Condições corrosivas**

- 1) *Atmosfera altamente agressiva*: é considerada atmosfera altamente agressiva a atmosfera marinha e industrial ou ainda a úmida, quando conjugada com qualquer uma das anteriores;
- 2) *Imersão*: a imersão envolve quatro subcasos: imersão em água salgada; imersão em água

doce; imersão em produtos de petróleo; imersão em produtos químicos;

- 3) *Superfícies quentes*: as superfícies quentes envolvem quatro subcasos: de 80° a 120°C; de 120° a 250°C; de 250° a 500°C; acima de 500°C;
- 4) *Atmosfera medianamente agressiva*: são consideradas atmosferas medianamente agressivas a atmosfera úmida, a urbana e a semiindustrial. Estão incluídos neste caso locais junto à orla marítima, com afastamento superior a 500 metros (m), desde que não recebam os ventos predominantes na direção da instalação ou da estrutura a ser pintada e seja localizada a nível próximo do mar;
- 5) *Atmosfera pouco agressiva*: é considerada atmosfera pouco agressiva a atmosfera rural e seca.

6 PRÁTICAS DE PROJETO

São métodos que consistem na utilização de práticas reconhecidas como eficazes na proteção anticorrosiva de equipamentos e instalações industriais. Todas essas práticas visam, de modo geral, evitar o aparecimento de pilhas de corrosão, bem como assegurar um adequado controle da corrosão, nos casos em que se torna absolutamente inevitável a sua existência.

Dentre esses métodos estão incluídos:

- 1) Evitar contato de metais dissimilares: desta forma evita-se o aparecimento de pilhas galvânicas;
- 2) Evitar frestas: desta forma evita-se o aparecimento de pilhas de aeração diferencial e concentração diferencial;

- 3) Evitar grande relação entre área catódica e área anódica: quando existirem áreas anódicas e catódicas, as áreas anódicas devem ser substancialmente maiores que as catódicas, a fim de assegurar uma menor taxa de corrosão;
- 4) Prever sobreespessura de corrosão: os equipamentos devem ser projetados prevendo-se uma sobreespessura de material, que será consumida durante a vida útil do equipamento, em virtude dos processos corrosivos. A sobreespessura de corrosão é uma prática de projeto bastante aplicável quando o equipamento ou a instalação estiverem sujeitos a um processo corrosivo uniforme e generalizado.
- 5) Evitar cantos vivos: os cantos vivos são regiões onde os revestimentos e películas protetoras são de maior dificuldade de aplicação e mais facilmente danificáveis, sendo, portanto, boa prática evitá-los;
- 6) Prever fácil acesso para manutenção às áreas suscetíveis à corrosão: os equipamentos ou instalações devem possuir acesso às regiões sujeitas a corrosão, a fim de que possam ser inspecionadas periodicamente e realizados os trabalhos de manutenção necessários;
- 7) Prever soldas bem acabadas: soldas com falta de penetração e outros defeitos superficiais podem propiciar o acúmulo de fluidos, depósito de sólidos (rebarbas), além de contribuírem para o aparecimento de concentração de tensões. Como se sabe, as soldas são regiões mais propensas à corrosão;
- 8) Evitar mudanças bruscas de direção no escoamento de fluidos contendo sólidos em suspensão: fluidos contendo sólidos em suspensão provocam erosão em regiões onde haja mudanças bruscas de direção.
- 9) Prever drenagem de águas pluviais: as águas pluviais, ou de qualquer outra origem, quando retidas em contato com a superfície metálica, aceleram os processos corrosivos.
- 10) Evitar regiões em contato entre si (apoiadas), onde não haja estanqueidade e acesso para a pintura: a entrada e o conseqüente acúmulo de eletrólito entre as duas superfícies podem provocar forte processo corrosivo.

6.1 Fatores importantes para analisar

As condições prévias em que se contra o equipamento ou a estrutura, verificando-se, se todas as áreas são planas, se existem regiões sujeitas a estagnação de água, se as soldas estão bem acabadas, a existência de cantos vivos, sujeito aos ataques químicos. Se a pintura será nova ou renovação.

As condições de exposição, é importante saber se o equipamento irá trabalhar em condições de imersão, enterrada, ou exposta à atmosfera, devendo-se levar em conta ainda o tipo de atmosfera (rural, urbana, industrial ou marítima), como também verificar as condições operacionais, se sujeitas às altas temperaturas, ou baixas, abrasão, entre outros.

Verificar em qual superfície a ser pintada (aço carbono, alumínio, aço galvanizado, concreto, etc.) como também se o ambiente é interno ou externo, se ocorre incidência de luz sobre o revestimento. Verificar qual a possibilidade do tratamento da superfície (jateamento, manual, mecânico) e também qual a disponibilidade de equipamento de pintura (pistola, trincha, rolo).

7 PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

A preparação da superfície metálica constitui uma etapa importantíssima na execução de uma pintura industrial. Ela é definida pelo esquema de pintura, uma vez que varia em função da natureza das tintas que se vai aplicar e do desempenho esperado pelo esquema de pintura.

A preparação é realizada com dois grandes objetivos:

- Remover da superfície materiais que possam impedir ser contato direto com a tinta.
- Criar condições adequadas para uma boa aderência, incluindo um adequado perfil de rugosidade.

7.1 Tipos de limpeza de superfície

Os principais tipos de limpeza para a pintura de equipamentos e instalações industriais, são:

- Limpeza química;
- Limpeza manual;
- Limpeza com ferramentas mecânicas manuais;
- Limpeza com jateamento abrasivo;
- Hidrojateamento;
- Fosfatização.

7.1.1 Limpeza química

A maioria das graxas e óleos são insolúveis em água. Existem graxas saponificáveis, isto é, passíveis de serem removidos com uso de produtos alcalinos (soda cáustica). As peças geralmente são limpas por meio de imersão ou banhos de spray a

quente (40 a 60 °C), em seguida é efetuado uma boa lavagem com água limpa.

Alguns tipos de óleos minerais não são saponificáveis e para a sua remoção se faz necessário o uso de solventes orgânicos apropriados, ou de tensoativos em formas de soluções (detergentes) que é muito eficiente, também na remoção de sais e óxidos solúveis. É muito importante lavar bem as peças após a aplicação dos tensoativos para remover possíveis resíduos do mesmo que irá interferir na aderência da tinta.

7.1.2 Desengraxe com solvente

Antes de definir qual a forma de desengraxe a ser usado, é importante conhecer o tipo de contaminante a ser removido. Embora pouco eficiente, esse método ainda é muito utilizado para remover graxas, óleos solúveis, lubrificantes e óleos protetivos que restam depositados sobre a superfície após operações de usinagem e manuseio, bem como a remoção de poeiras, cavacos e outros. Os solventes usados podem ser de muitos tipos: Thinners de limpeza, diluentes, “Solvenraz”, etc.

Algumas empresas ainda utilizam solventes clorados, embora não inflamáveis, são tidos como tóxicos. Por isso quando usados, deve-se sempre ser instalado em locais muito bem ventilados. O método de aplicação de solventes consiste em: Fricção com

panos limpos (brancos), imersão, spray, desengraxe por vapor (solventes clorados).

- **Vantagens:** Os solventes removem bem os óleos e graxas com facilidade, é fácil de aplicar e o método não requer grandes espaços.
- **Desvantagens:** Os solventes, bem como os equipamentos ou utensílios empregados, ficam rapidamente impregnados com óleo e graxa. Logo, deixam de limpar e apenas espalham os contaminantes. Método que requer muita mão de obra envolvendo perda de solvente por evaporação. Grande risco para a saúde e incêndio. Só remove óleo, graxa e poeiras e não tem efeito sobre ferrugem e carepa de laminação.

7.1.3 Limpeza com ferramentas manuais e mecânicas

Consiste na remoção da camada de óxidos e outros materiais não muito aderentes, por meio de ferramentas manuais e mecânicas, tais como martelo, talhadeira, raspador, picador, escova com cerdas de aço, escovas rotativas, marteletes de agulha (agulheiros), lixadeiras, e etc.

É um tipo de limpeza ainda precário, de rendimento de execução relativamente baixo, porém melhor que a limpeza manual. Dependendo da ferramenta utilizada, o método tem ainda como inconveniente a possibilidade de polir a superfície e, como consequência, dificultar a adesão da tinta. Este tipo de limpeza corresponde aos padrões visuais **St2** e **St3** da Norma Sueca SIS 05 59 00 e ISO 8.501-1.



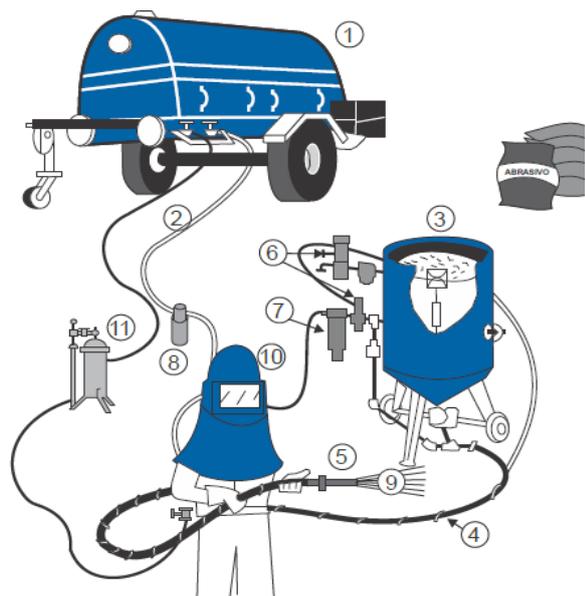
Figura 11: Exemplos de ferramentas mecânica e manuais.

7.1.4 Jateamento abrasivo

Consiste na remoção da camada de óxidos e outras substâncias depositadas sobre a superfície, por meio da aplicação de um jato abrasivo de

granalha de aço, escória de cobre, dentre outros. O jato abrasivo é obtido pela projeção, sobre a superfície, de partículas de abrasivo, impulsionadas por um fluido, em geral o ar comprimido. Este tipo de limpeza é um dos mais recomendados para aplicação de pintura, por ser de grande rendimento de execução, proporcionar uma limpeza adequada e deixar na superfície uma rugosidade excelente para uma boa ancoragem da película de tinta.

Para que o desempenho do esquema de pintura não seja prejudicado por um eventual excesso de rugosidade da superfície, sugere-se que seu valor seja relacionado com a espessura total do filme. O equipamento para jateamento abrasivo constitui-se basicamente dos seguintes componentes:



- | | |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1 – Compressor | 7 – Separador de umidade |
| 2 – Mangueira de ar | 8 – Separador de óleo |
| 3 – Vaso de pressão | 9 – Jato abrasivo |
| 4 – Mangueira de ar-abrasivo | 10 – Capacete com ar puro |
| 5 – Bico | 11 – Separador de óleo do ar |
| 6 – Válvula de controle remoto | 12 – Abrasivo |

Figura 12: Esquema de jateamento abrasivo pressurizado

O compressor deve fornecer o ar com uma pressão da ordem de 0,6 MPa (100 psi) no bico e uma vazão de ar compatível com o tamanho do equipamento de jato e com o diâmetro interno do bico. O ar deve ser desumidificado no separador de umidade e ter o óleo removido no filtro. O vaso de pressão deve ser de duplo compartimento e possuir válvula de segurança e uma válvula automática para enchimento. A válvula de mistura ar-abrasivo deve ser de características compatíveis com o equipamento.

Abaixo pode-se observar as áreas de impacto de bicos tipo retos e Venturi, onde se pode verificar que nos bicos tipo Venturi a área de alto impacto ocupa toda a superfície de jato, conduzindo a uma maior efetividade no jateamento, em especial no seu rendimento. O jatista deve ser protegido, para sua perfeita segurança, por um capacete e uma máscara com entrada de ar puro, vestuário adequado e luvas.

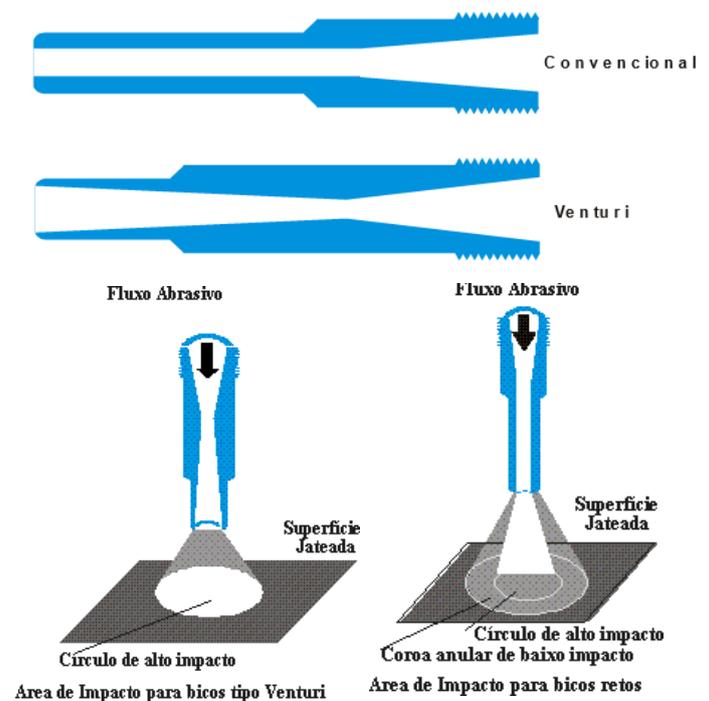


Figura 13: Bicos de jato e áreas de impacto

7.1.4.1 Perfil de Jateamento

Quando é realizando a limpeza do substrato por meio do jateamento abrasivo, este torna-se mais rugoso e, assim, quando pintado a medida da espessura real é mais próxima da média das medidas sobre picos e vales. A espessura sobre os picos é que é importante em relação à performance; portanto, pode ser considerado que a tinta que não contribui para essa espessura é “perdida” no perfil do aço. Logo, extensão das “perdas de tintas” é proporcional à dimensão do abrasivo usado.

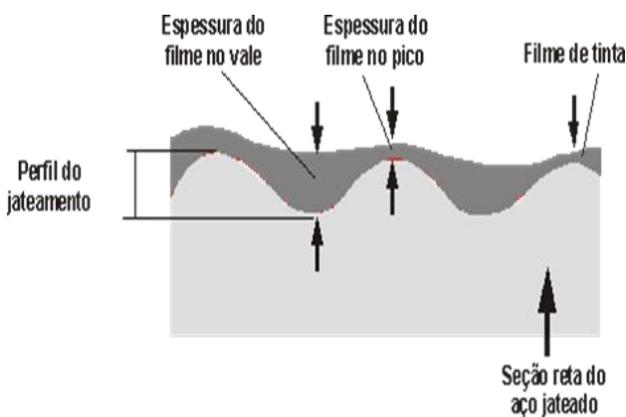


Figura 14: Perfil de jateamento

Experiências de laboratório têm mostrado que a “perda” na espessura de película seca equivalente à metade do perfil de jateamento é usual. Nos locais onde o aço for jateado por granalha esférica de aço e pintado com *primer* de montagem, a influência é pequena, mas quando foi feito jateamento na ocasião da pintura, particularmente com granalha grossa, então o acréscimo necessário para a “tinta perdida no perfil” é considerável. As “perdas” tabuladas de espessura do filme seco não são relacionadas com as rugosidades mais relevantes e a probabilidade de serem encontradas.

7.1.4.2 Tipos de abrasivos

- **Granalha de aço:** é usada, quase sempre, em circuitos fechados, a fim de se ter o máximo de reaproveitamento. Só é economicamente viável quando o jateamento é feito em ambiente onde o abrasivo pode ser recuperado e reaproveitado.
- **Granalhas sintéticas:** são usadas granalhas de material duro como carbonetos, escórias, e até mesmo materiais plásticos. Estes abrasivos são ainda de pouca aplicação no Brasil.
- **Esferas de aço, ferro fundido ou vidro:** usados apenas para pequenos trabalhos de limpeza e para tratamento mecânico de endurecimento superficial, sendo, portanto, pouco comum em pintura industrial, de modo geral.
- **Outros materiais:** poderão ser usados em condições especiais, como, por exemplo, bauxita sintetizada, carbonetos duros, escórias de cobre, dentre outros.

Como alternativa de limpeza de superfície pode-se utilizar o jateamento com a areia úmida e o hidrojateamento. O jateamento com areia úmida apresenta o inconveniente da oxidação rápida sofrida até a evaporação da água, o que pode ser evitado com o uso de inibidores de corrosão, sendo o mais empregado até o momento o nitrito de sódio. Após o jateamento à úmido, deve se lavar as peças com água limpa e secar rapidamente com ar comprimido limpo e seco.

7.1.4.3 Perfil de rugosidade em função do abrasivo

ABRASIVO	TAMANHO MÁXIMO DA PARTÍCULA		Altura máxima de perfil (µm)	Rugosidad e média (µm)
	Abertura da peneira (mm)	Nº da peneira a AST M E-11		
Granalha de aço (Partícula angular)				
Nº G 50 SAE	0,7	25	85	70
Nº G 40 SAE	1,0	18	90	75
Nº G 25 SAE	1,2	16	100	80
Nº G 16 SAE	1,7	12	200	150
Granalha de aço (esféricas)				
Nº S 230 SAE	1,0	18	80	65
Nº S 280 SAE	1,2	16	85	70
Nº S 330 SAE	1,4	14	90	75
Nº S 390 SAE	1,7	12	95	80

Após a operação de jateamento abrasivo, a superfície a ser pintada deve ser limpa com ar seco, removendo-se a poeira proveniente do mesmo, evitando-se assim problemas de deficiente adesão de tinta, bem como eventual impregnação com partículas grosseiras.

A rugosidade da superfície após a limpeza, particularmente com abrasivos, deve ser proporcional à espessura mínima recomendada pelo esquema de pintura, sendo comum adotar-se um perfil médio de rugosidade do material de cerca de 1/4 a 1/3 da espessura total da camada de tintas prevista pelo esquema de pintura.

Nos casos onde o intervalo de tempo entre a aplicação da primeira demão e da demão subsequente é grande e o ambiente é agressivo, pode-se adotar um perfil de rugosidade de cerca de 2/3 da espessura da primeira demão, evitando-se assim

oxidação após a aplicação desta primeira demão. O perfil de rugosidade obtido no jateamento da superfície é função principalmente da granulometria do abrasivo.

7.1.4.4 Orientação para operação com abrasivo

- Os trabalhos de limpeza com jato devem ser de modo a não danificar a pintura já realizada, a qual deve ser protegida adequadamente.
- Equipamentos já montados devem ser protegidos com lonas e exigem atenção especial.
- Num turno normal de trabalho, um jatista usando bico de 4,5 mm (3/8") como pressão de 7 kg/cm² - (100 psi) - deve render em média o seguinte:
 - Jato branco - Sa 3. 60 m²/dia/bico
 - Jato quase branco - Sa 2 ½ 70 - 80 m²/dia/bico
 - Jato comercial - Sa 2 100 m²/dia/bico
 - Jato ligeiro - Sa 1 acima de 150 m²/dia/bico
- Em situações de jateamento em áreas confinadas, instalar exaustores com mangotes para jogar a poeira longe do local de pintura ou equipamentos.

Não se deve jatear quando a umidade relativa do ar for maior que 85%.

7.1.4.5 Intervalo entre jateamento e pintura

Após o jateamento, a superfície de aço fica em estado vulnerável, devendo ser protegida

imediatamente com a primeira demão do sistema de pintura ou, de acordo com a conveniência da obra, com o *shop-primer* especificado. Não é recomendável, e nem é boa prática, deixar a superfície jateada exposta. Contudo, em termos práticos, é necessário observar as considerações seguintes

- Um intervalo de até 4 horas entre o jateamento e a pintura é bastante seguro, quando o trabalho está sendo realizado em ambiente abrigado, como dentro de galpões com atmosfera limpa e umidade relativa em torno de 70%, no máximo de 75%.
- Em trabalho ao ar livre é difícil estabelecer com segurança um intervalo máximo para aplicação da pintura. Devem ser previamente considerados o grau de poluição atmosférica existente no local, as condições meteorológicas da época do ano e a temperatura e umidade relativa do ambiente na ocasião do trabalho.
- Sob condições muito favoráveis de tempo seco e em atmosfera com um mínimo de poluição, é possível considerar intervalos máximos de 4 ou até 6 horas, enquanto que sob condições de atmosfera industrial ou marítima, ou ainda sob condições meteorológicas desfavoráveis, é de importância vital que a pintura seja aplicada o mais rápido possível, com intervalo máximo de até 2h.
- Superfícies jateadas que sofrerem condensação de umidade, que apresentarem qualquer deterioração ou oxidação visível, ou ainda que não tiverem sido pintadas no mesmo dia de trabalho, deverão ser rejateadas.

7.1.4.6 Graus de limpeza com jateamento abrasivo

- **Jateamento ligeiro:** constitui-se numa limpeza ligeira e precária, em geral pouco empregada para pintura, exceto em alguns casos de repintura. A retirada do produto de corrosão neste caso situa-se em torno de 5%. Corresponde ao padrão Sa 1 da Norma Sueca SIS 05 59 00 e de ISO 8.501-1.
- **Jateamento comercial:** constitui-se numa limpeza de superfície com a retirada de óxidos, carepa de laminação, etc., em cerca de 50% da superfície a ser pintada. Corresponde ao padrão Sa 2 da Norma Sueca SIS 05 59 00 e da ISO 8501-1.
- **Jateamento ao metal quase branco:** constitui-se numa limpeza de superfície com a retirada quase total dos óxidos, carepa de laminação, etc., admitindo-se cerca de 5% da área limpa com manchas ou raias de óxidos encrustados. Corresponde ao padrão Sa 2 ½ da Norma Sueca SIS 05 59 00 e ISO 8501-1.
- **Jateamento ao metal branco:** constitui-se numa limpeza com a retirada total de óxidos, carepa de laminação, etc., deixando-se a superfície do metal completamente limpa. Corresponde ao padrão Sa 3 da Norma Sueca SIS 05 59 00 e da ISO 8501-1.

7.1.4.7 Problemas comuns no processo de jateamento

- Pré-limpeza com solvente insuficiente.
- Abrasivo de tamanho inadequado.
- Abrasivo contaminado.
- Perfil de rugosidade inadequado.

- Velocidade do jateamento.
- Técnica irregular de jato.
- Manuseio com as mãos na peça.
- Reutilização da areia.
- Condições ambientais inadequadas.

7.1.5 Hidrojateamento

O hidrojateamento é de grande eficácia na retirada 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. É, portanto, próprio para superfícies anteriormente pintadas, onde já existia perfil. Há algumas tentativas de promover o perfil de rugosidade através da inclusão de pequeno percentual de abrasivo na água do hidrojato.

Pode ser realizado em qualquer tipo de serviço de manutenção anticorrosiva, sem o uso de material abrasivo, atendendo os requisitos ambientais. É importante salientar, que pela não geração de material particulado sólido em suspensão na atmosfera local, mais a propriedade de ser aplicado com qualquer condição de alta umidade do ar, o processo de hidrojateamento pode ser executado em qualquer região rural ou industrial.

A principal exigência deste equipamento é que a máquina atinja o mínimo de 1.700 bar (25.000 psi) de pressão. Trata-se de um equipamento com bomba de altíssima pressão de 06 pistões, acionado por motor Diesel. A água em alta pressão é distribuída por meio de mangueiras e pistolas especiais para hidrojateamento, sendo que o jato de água é dirigido por um ou mais bicos rotativos /

diretos sobre a superfície com altíssima energia concentrada.

7.1.5.1 Hidrojateamento na remoção de tinta

O hidrojateamento é uma técnica para remoção de tinta ou limpeza de superfície que confia na energia da água o efeito de limpeza completo. Este sistema é ideal para aplicação em áreas onde, por questões de poluição ambiental e doenças profissionais, não é possível utilizar granalha de aço ou vidro, poeiras, etc. Abrasivos não são usados no hidrojateamento SPSA (Sistema de Preparação de Superfície com Água), por conseguinte os problemas causados por poluição de pó e pela disposição de abrasivos gastos são eliminados, bem como seu custo de remoção, além da contaminação não visível (a olho nu) impregnados no substrato, que compromete a vida útil das tintas.

Este processo também não produz faísca, sendo desta forma viável a aplicação em áreas de riscos (sujeitas à explosão). Não desgasta a superfície jateada, retirando apenas a tinta, borracha, plástico, ferrugem ou outro material de que não faça parte da estrutura da superfície metálica ou de alvenaria.

No hidrojateamento, encontramos os seguintes tipos de pressões operacionais, a saber:

- Limpeza com água a baixa e média pressão até 5.000 psi (340 bar);
- Limpeza com água a alta pressão de 5.000 psi (340 bar) até 10.000 psi (700 bar);
- Hidrojateamento com Ultra Alta Pressão, acima de 25.000 psi (1.700 bar).

Atualmente, já estão disponíveis no mercado tintas especiais compatíveis com o sistema de hidrojateamento, inclusive para contato com superfícies úmidas ou molhadas, não sendo necessário a utilização de inibidores de corrosão para a aplicação do primer. Em muitos casos não é necessária a paralisação do equipamento em funcionamento para a execução do *Hydroblasting* ou aplicação das tintas.

No *Hydroblasting*, quando for operado com pressões acima de 1.700 bar (25.000 psi), caso apareça algumas regiões onde não foi possível a remoção total das tintas velhas, isto indica claramente a sua alta e perfeita aderência ao substrato, sendo que as mesmas servem como base para novas camadas de primer. Não interessa o aspecto “visual da chapa”, mas sim, a qualidade da superfície.

As superfícies sujeitas ao processo de *Hydroblasting* poderão apresentar colorações diferentes que vão do metal branco, cinza claro até cinza escuro. As tonalidades na cor cinza escuro são filmes de óxido ferrítico. Estas manchas não são possíveis de serem removidas por este processo. Este filme forma parte do substrato e não apresenta um problema de contaminação para as tintas. O processo de *Hydroblasting* atende as especificações da ISO 14.000, ou seja, dentro dos padrões ecológicos.

O hidrojateamento é muito eficiente na remoção de contaminantes: sais solúveis, particularmente em substratos metálicos com corrosão severa e pites, graxa e óleo, placas de corrosão e películas de tinta, mesmo que fortemente aderidas. Quando uma película de revestimento é removida pelo hidrojateamento, o perfil de ancoragem original é regenerado.

7.1.5.2 Padrões de hidrojateamento na limpeza de superfície

		Condição C	Condição D	Condição E	Condição F	Condição G	Condição H
	Condição inicial da superfície	100% de Ferrugem em	100% de Ferrugem com Pites	tinta de cor clara aplicada sobre aço jateado	tinta rica em zinco aplicada sobre aço jateado	sistema múlti-camada, não quebradiça, aplicada sobre aço nu com carepa	Sistema múlti-camada, quebradiça a deteriorada
Grau de limpeza	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

Esta tabela é um complemento da norma SSPC-SP 12 e NACE 5 (hidrojateamento por alta e ultra pressões). Descreve os padrões da norma e é acompanhada pelas respectivas fotografias para comparação visual. Os graus de corrosão A e B não são ilustrados justamente por que não há razão para tratar superfícies com carepa por hidrojateamento. Os números de 1 a 4 representam uma piora na situação, sendo 4 a remoção mais leve e o número 1 a condição mais rigorosa com grande remoção dos óxidos e contaminantes. Apenas a título de ilustração apresentamos abaixo alguns padrões:

- **Condição C** – superfície do aço completamente coberta com ferrugem; pouco ou nenhum pite visível. A área inclui um exemplo de alteração na cor causada pelo aquecimento.
- **Condição D** – superfície do aço completamente coberta com ferrugem; pites visíveis. A área inclui um exemplo de material estranho (grau D de corrosão)
- **Condição E** – superfície de aço previamente pintada; tinta clara aplicada sobre superfície jateada; a maior parte da tinta está intacta
- **Condição F** – superfície de aço previamente pintada; tinta rica em zinco aplicada sobre superfície de aço jateada; a maior parte da tinta está intacta
- **Condição G** – sistema de pintura aplicado sobre aço nu, com carepa de laminação; sistema completamente intemperizado, totalmente com bolhas ou totalmente manchado.
- **Condição H** – sistema de pintura degradado aplicado sobre aço; sistema totalmente intemperizado, totalmente com bolhas ou totalmente manchado.

7.1.5.3 Graus de limpeza por hidrojateamento

- **WJ-1** – A superfície deve estar livre de todos os produtos de corrosão previamente existentes, de carepa de laminação, de revestimentos e de materiais estranhos. Além disso, deve possuir aspecto metálico fosco; (limpeza ao substrato nu).
- **WJ-2** – A superfície deve apresentar aspecto metálico fosco com, pelo menos 95% de sua área livre dos resíduos visíveis previamente existentes. O restante da superfície (5%) poderá apresentar apenas manchas suaves distribuídas

aleatoriamente, de oxidação, revestimentos ou materiais estranhos; (limpeza substancial ou muito eficaz).

- **WJ-3** – Superfície deve apresentar aspecto metálico fosco com, pelo menos dois terços livres de resíduos visíveis (exceto carepa de laminação), sendo que o restante da mesma (um terço) poderá apresentar-se apenas com manchas suaves, distribuídas aleatoriamente, de produtos de corrosão previamente existentes, de revestimentos ou de materiais estranhos; (limpeza completa).
- **WJ-4** – Este padrão corresponde a uma situação em que apenas os resíduos (produtos de corrosão, carepa de laminação e revestimentos) não aderentes ou soltos são removidos da superfície (limpeza leve).

7.1.5.4 Vantagens do processo de hidrojateamento

- O hidrojateamento não danifica as tubulações, não produz riscos na superfície dos tubos;
- Devido à perfeita limpeza, obtemos com resultado, a melhor troca térmica e serviços de limpeza mais espaçados;
- No caso de tubulações de cobre ou de aço inox, este sistema apresenta a solução ideal;

7.2 Metais e ligas ferrosas

7.2.1 Carepa de laminação

As chapas de aço laminadas a quente, são formadas pela laminação dos lingotes aquecidos a uma temperatura em torno de 1250 °C, o que resulta,

por reação com o oxigênio do ar e a água de resfriamento, no formato de “carepa” (ou escama de laminação) conhecida por chapa preta.

A carepa é constituída de uma mistura de óxidos de ferro. Parte da carepa de laminação que é formada sai durante a laminação e parte fica aderida ao aço, cobrindo toda a chapa do aço (todos os lados). A carepa não é aço, e sua tendência natural é se desprender do aço.



Figura 15: Carepa de laminação se despreendendo do aço

Carepa formada no aço



Figura 16: Fases da carepa formada no aço

Esta carepa é encontrada não apenas em chapas, mas também em vigas, tubulações, vergalhões, etc. É sem dúvida o pior inimigo da pintura, pois, qualquer sistema de pintura aplicado sobre a carepa, poderá se desprender junto com ela.



Figura 17: Tubulação pintada sobre carepa de laminação

7.2.2 Graus de intemperismo do aço

A fim de facilitar a caracterização do grau de intemperismo do aço e também auxiliar as inspeções que envolvem a preparação de superfície, utilizamos os padrões visuais da Norma Sueca (SIS 05 59 00 - 67) e ISO (8501-1), que estabelecem 4 estados iniciais de oxidação das chapas de aço carbono, representados pelas letras A, B, C e D.

Estes padrões visuais na chapa isenta de pintura também são comumente denominados por Graus de oxidação ou intemperismo.

- **Grau A** – superfície de aço com a carepa de laminação aderente intacta, com pouca ou nenhuma oxidação ao longo de sua superfície. Chapa ou perfil, em geral, recém-saído da laminação.
- **Grau B** – superfície de aço com princípio de despreendimento de carepa de laminação devido à corrosão atmosférica e dilatação diferencial carepa-metal. Chapa ou perfil com início de oxidação e da qual a carepa começou a se desprender ou que sofreu pequena ação de intemperismo.

- **Grau C** – superfície de aço onde toda a carepa de laminação foi eliminada e na qual se observa uma corrosão atmosférica uniforme generalizada, sem, contudo, apresentar sinais de formação de cavidades visíveis. Chapa ou perfil que sofreu um completo intemperismo desagregando toda a carepa de laminação podendo o restante ser removido por raspagem.
- **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. Chapa ou perfil que sofre uma exposição exagerada à atmosfera, resultando em processo corrosivo.



Figura 18: Grau A – ISO 8501-1



Figura 19: Grau B – ISO 8501-1



Figura 20: Grau C – ISO 8501-1



Figura 21: Grau D – ISO 8501-1

7.3 Metais e ligas não ferrosas

7.3.1 Chapas de alumínio

A superfície deverá ser desengraxada com pano limpo embebido em solventes para a remoção de óleos e graxas. Em determinadas situações, pode ser adotado um lixamento na superfície visando riscar a mesma para criar um perfil de ancoragem melhor para a tinta. Recomenda-se a aplicação de tinta do tipo *wash primer* (fundo fosfatizante) ou *shop primer epóxi* sobre superfícies de alumínio limpo como promotor de aderência.

7.3.2 Chapas de cobre

A superfície também deverá ser desengraxada com panos limpos embebidos em solventes para a remoção de óleos e graxas. Poderá ser aplicado um *shop primer epóxi* para base de aderência.

7.4 Galvanizados

É comum, após exposição a intempéries, o aparecimento da corrosão do zinco em superfícies revestidas com *primer* de zinco ou mesmo na galvanização metálica do aço, isto se deve ao mecanismo de proteção. Corrosão branca é parcialmente solúvel em água, bastando um vigoroso esfregão úmido com escovas de cerdas de nylon ou fibra vegetal. Não utilizar somente solventes para remoção de óleos ou gorduras que possam conter sobre a superfície.

7.4.1 Aço galvanizado eletrolítico

7.4.1.1 Aço galvanizado eletrolítico (novo)

O aço é zincado por meio de banhos onde o zinco é depositado por meio de corrente elétrica. Um eletrodo de zinco vai se decompondo para que o zinco se transfira para a peça a ser revestida. É muito conhecido como galvanizado eletrolítico.

- **Preparação**

a) Desengraxar a peça galvanizada esfregando a superfície com panos brancos limpos embebidos em diluente até a total eliminação de oleosidade e gorduras. Trocar os panos com frequência.

b) Atualmente existe a opção limpeza da peça com a utilização de um detergente (tensoativo) que apresenta algumas vantagens, tais como: não é inflamável, pode ser biodegradável, remove os sais e compostos solúveis por ser aplicado por meio de uma solução aquosa e a oleosidade por ser um tensoativo.

Importante: Superfícies limpas, livres de umidade e corrosão: iniciar a pintura imediata após a limpeza, com o primer promotor de aderência.

7.4.1.2 Aço galvanizado eletrolítico (envelhecido)

Enquanto a chapa não apresentar corrosão vermelha, ou seja, produtos de corrosão do aço, pode-se tratar como descrito para aço zincado a quente novo. Se a corrosão já está num estágio mais avançado e a camada de zinco já estiver comprometida, deve-se tratar o galvanizado como uma superfície de aço enferrujada. Geralmente adotando o processo de limpeza por meio de jateamento abrasivo ou limpeza mecânica.

- Escovamento / lixamento manual ou mecânico até a total remoção de “corrosão branca” e oxidação vermelha em áreas com o zinco já exaurido.
- Desengraxar com pano limpo embebido em solvente até a total eliminação de oleosidade e deposição de impurezas.

7.4.2 Aço galvanizado a fogo

7.4.2.1 Aço galvanizado a fogo (novo)

1. Desengraxar a peça galvanizada esfregando a superfície com panos brancos limpos embebidos em diluente até a total eliminação de oleosidade e gorduras. Trocar os panos com frequência.
2. Atualmente existe a opção limpeza da peça com a utilização de um detergente (tensoativo) que apresenta algumas vantagens, tais como: não é inflamável, pode ser biodegradável, remove os sais e compostos solúveis por ser aplicado por meio de uma solução aquosa e a oleosidade por ser um tensoativo.
3. Jateamento abrasivo ligeiro (Padrão Sa 1), criando perfil de ancoragem.
4. Fosfatização NBR 9209 - processo conversão - cristais de fosfato que proporcionam aderência.

Nota: Para utilização deste método, se faz necessário, treinar bem o pessoal para não forçar muito o jato e gastar a camada de zinco perdendo a proteção. O jato deve ser bem superficial.

Nota: Iniciar a pintura imediata após a limpeza com o primer promotor de aderência.

7.4.2.2 Aço galvanizado a fogo (envelhecido)

1. Lavar substrato para remoção de sais solúveis, seguido de escovamento (sem polir).
2. Desengraxar.
3. Alternativa: jato ligeiro.

7.4.3 Aspersão térmica

Caso a superfície apresente corrosão branca do zinco, lavar com água doce (potável), esfregando

com escovas de nylon ou piaçaba. Não utilizar lixa. Deixar secar.

Nota: Sobre superfície galvanizada por aspersão térmica, não utilizar primer promotor de aderência que em sua composição contenha ácidos tais como: wash primer

7.5 Superfícies já pintadas

A proteção mediante pintura não é por tempo indeterminado e necessita a realização do serviço de manutenção da pintura. As falhas na pintura que podem ocorrer estão relacionadas, em ordem de importância, com os fatores seguintes:

- Danos mecânicos na película.
- Limpeza não satisfatória da superfície antes da pintura.
- Má aplicação

Inspeções posteriores e periódicas fazem-se necessárias para identificar sinais de corrosão localizada, a qual tem origem em espessuras baixas ou limpeza não satisfatória em pequenas áreas.

7.5.1 Retoques

De modo geral, consideram-se retoques de pequenas áreas com falhas na pintura, não superiores a 5% da área total.

7.5.2 Área com tinta danificada sem corrosão

Limpeza da superfície com água ou solvente a base de hidrocarboneto alifático, de acordo com a natureza do resíduo presente. Por exemplo, resíduos de sulfato, cal ou sal são removidos com água, e

resíduos de graxa ou óleos são removidos com o referido solvente. Lixamento com lixa nº 120 ou 180. Este lixamento deverá se estender a uma pequena porção da área adjacente à danificada. Posteriormente, fazer a remoção do pó. Aplicação das duas últimas demãos, a pincel, trincha ou rolo, do sistema de pintura originalmente especificado para o equipamento, tubulações ou objeto a ser retocado.

7.5.3 Área com tinta danificada com corrosão

A limpeza da superfície deverá ser como descrita no primeiro subitem do retoque anterior. Se a superfície for de aço carbono ou ferro fundido, deverá ser limpa manual ou mecanicamente de maneira muito minuciosa, usando-se, conforme a área envolvida e o grau de corrosão encontrado; lixa quando a área danificada apresentar corrosão leve; escovas de aço para áreas médias e com pouca corrosão; e ferramentas mecânicas como escovas rotativas, pistoletes de agulhas ou outros tipos para áreas maiores com corrosão média. Aplicação do sistema de pintura completo, especificado para o equipamento, tubulações ou objeto a ser retocado.

7.5.4 Manutenção geral

Considera-se manutenção geral quando as áreas a serem restauradas forem de 5 à 20% da área total. O procedimento é o mesmo usado em retoques de áreas grandes. Quando for decidido também efetuar a restauração do aspecto estético, aconselha-se após o retoque com lixa nº 120 ou 180 a aplicação de duas demãos do acabamento em toda área.

7.5.5 Repintura

Considera-se pintura quando a área danificada for superior a 25%.

8 APLICAÇÃO DE TINTAS

A seleção adequada do método de aplicação e a observância de alguns requisitos básicos durante todo o período de aplicação têm influência tão grande no desempenho do esquema de pintura quanto as tintas utilizadas.

8.1 Capacitação do aplicador

A empresa ou o órgão responsável pela aplicação das tintas devem ser avaliados em termos de recursos materiais e humanos. A capacitação do pessoal responsável pela aplicação da tinta deve ser feita através de amplos programas de treinamento, que devem abranger aspectos teóricos e práticos.

8.2 Condições climáticas

A aplicação das tintas em condições ambientais adversas pode introduzir vários tipos de defeitos nas películas de tintas. Em termos gerais, as condições meteorológicas que influenciam as propriedades das tintas são a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente, as chuvas e os ventos. A água quando evapora, fica no ar na forma de vapor. Esta água presente no ar atmosférico é chamada de umidade relativa do ar (URA).

Quanto mais umidade houver no ar e quanto mais baixa for a temperatura da superfície, maior será a condensação. Quando o diluente evapora do filme de tinta aplicado, a temperatura do substrato

abaixa tornado possível que a umidade do ar se condense prejudicando o desempenho da tinta. A umidade relativa do ar, ao possibilitar a introdução de partículas de água na película de tinta úmida, acarreta perturbações nas reações físico-químicas que darão origem à película de tinta seca, introduzindo falhas que variarão com o tipo de tinta usada.

É por esse motivo que as tintas de base epóxi endurecidas com aminas são muito sensíveis à umidade, dando origem a uma substância denominada quetimina, que deixa a película com aspecto esbranquiçado na superfície ou mesmo com aspecto de um gel endurecido.

A depender da profundidade desta alteração, a película poderá estar comprometida ou não.

- Quando bem superficial, pode ser eliminada com um leve lixamento da película.
- Quando subsuperficial pode requerer a remoção de toda a película. A ação preventiva nestes casos é procurar evitar a utilização de tintas epóxi endurecidas com aminas em regiões cuja umidade relativa do ar esteja permanentemente superior a 85%.

Temperaturas externas, como abaixo de 10 °C ou acima de 40 °C, alteram por completo as condições de cura ou secagem da tinta. Temperaturas abaixo de 10 °C retardam a secagem da tinta, comprometendo intervalos entre demãos recomendadas pelo fabricante e conseqüentemente, a velocidade da aplicação. Ao contrário, a aplicação de tintas em temperaturas muito elevadas faz com que sua secagem dê-se muito rapidamente, comprometendo a evaporação e alterando as propriedades da película seca.

Além disso, a aplicação das tintas sobre superfície com temperatura superior a 40 °C pode provocar vários tipos de defeitos, como o fendilhamento ou gretamento (caso típico das tintas inorgânicas de zinco), a formação de bolhas, poros ou crateras (caso típico das tintas de acabamento de base epóxi) e o enrugamento (caso típico das tintas de alumínio fenólico). No caso específico das tintas inorgânicas à base de silicato de etila, o fenômeno do fendilhamento ocorre à temperatura já a partir de 40°C.

8.2.1 Ponto de orvalho

É a temperatura na qual a umidade presente no ar, na forma de vapor de água, se condensa, passando para o estado líquido. Geralmente na parte da manhã são notadas gotas de água nas peças expostas ao tempo durante a noite, conhecidas como orvalho, resultante da condensação do vapor da água. Recomenda-se que as tintas não devam ser aplicadas se a temperatura da superfície não estiver no mínimo 3°C acima do ponto de orvalho.

Nota 1: Esta temperatura de 3°C é considerada de margem de segurança para evitar que ocorra a condensação da URA. Pode-se usar aquecer as peças a serem pintadas dentro dos limites de temperatura do substrato.

Nota 2: Para as tintas tolerantes a superfícies úmidas, poderá ocorrer uma pequena redução no brilho quando o filme ficar exposto.

8.3 Mistura homogeneização e diluição das tintas

Tabela para dedução do ponto de orvalho							
UR (%)	Temperatura ambiente °C						
	10	15	20	25	30	35	40
90	8,2	13,3	18,3	23,2	28,0	33,0	38,2
85	7,3	12,5	17,4	22,1	27,0	32,0	37,1
80	6,5	11,6	16,5	21,0	25,9	31,0	36,2
75	5,6	10,4	15,4	19,9	24,7	29,6	35,0
70	4,5	9,1	14,2	18,6	23,3	28,1	33,5
65	3,3	8,0	13,0	17,4	22,0	26,8	32,0
60	2,3	6,7	11,9	16,2	20,6	25,3	30,5
55	1,0	5,6	10,4	14,8	19,1	23,9	28,9
50	-0,3	4,1	8,6	13,3	17,5	22,2	27,1
45	-1,5	2,6	7,0	11,7	16,0	20,2	25,2
40	-3,1	0,9	5,4	9,5	14,0	18,2	23,0
35	-4,7	-0,8	3,4	7,4	12,0	16,1	20,6
30	-6,9	-2,9	1,3	5,2	9,2	13,7	18,0

A homogeneização da tinta é muito importante para que todos os seus componentes fiquem uniformes e em condições de uso. Deve ser feita em seu recipiente original, admitindo-se que parte pode ser retirada temporariamente para facilitar a homogeneização. No caso de tintas à base de pigmentação alumínio, a homogeneização tem que ser feita com cuidado, em velocidade baixa para não amassar as partículas do pigmento e não deixar a tinta ficar com uma aparência mais escura (chumbada).

A sedimentação ocorre devido a tintas serem constituídas de compostos em suspensão (Pigmentos) e que pela força da gravidade se sedimentam formando uma pasta no fundo das embalagens. Não devem ser usadas tintas cujo tempo de estocagem (*shelf life*) tenha sido ultrapassado. O tempo de estocagem varia para cada tipo de tinta.

O tempo de estocagem deve ser informado pelo fabricante da tinta. A depender das condições de armazenamento, uma tinta pode ter seu tempo de estocagem vencido sem que, entretanto, tenha se degradado. A realização de alguns testes de laboratório é a forma ideal de analisar se a tinta está em condições de uso ou não, particularmente a viscosidade e os tempos de secagem.

Inspeções visuais de campo também podem indicar a degradação ou não da tinta. Por exemplo, as tintas à base de silicato de etila formam nódulos gomosos (grumos). As tintas a óleo ou óleo modificadas oxidam-se superficialmente, formando uma nata ou mesmo endurecendo. Algumas pigmentadas com pigmentos pesados, tintas de fundo, formam sedimentações duras impossíveis de serem dispersados mesmo por diluição. Para as tintas de base epóxi, o aumento dos tempos de secagem é uma indicação evidente de sua degradação.

Esta dispersão deve ser feita preferencialmente por meio de agitadores pneumáticos (exceto para tintas pigmentadas com alumínio, que podem ter as partículas de pigmento quebradas) ou alternativamente por meio de ferramentas manuais. Em algumas situações, a depender das características da tinta e do processo de aplicação, torna-se necessário efetuar uma diluição da tinta imediatamente antes da aplicação, para efeito de ajustar sua viscosidade e, conseqüentemente, otimizar a aplicação.

- **Quando a tinta estiver em estoque por muito tempo:**

1. Abrir a lata e verificar se há sedimentação no fundo da embalagem com uma espátula (plástico ou madeira)

2. Se houver sedimento, mexer a sedimentação com a espátula buscando a sua dispersão.
3. Caso não consiga uma boa homogeneização e a tinta estiver dentro do seu prazo de validade, informar ao fabricante.

No que diz respeito às tintas fornecidas em dois ou mais componentes, são válidas as mesmas observações quanto à diluição requeridas para as tintas mono componentes. Entretanto, requerem cuidados especiais em termos de proporção de mistura.

- **Sequência de mistura para tintas bicomponente:**

1. Homogeneizar bem o componente A;
2. Homogeneizar bem o componente B;
3. Adicionar o componente B ao componente A, respeitando a relação de mistura;
4. Homogeneizar bem a mistura com agitação vigorosa;
5. Se necessário efetuar a diluição na proporção recomendada.

Nota: Pode ser usado agitador pneumático.

A não-observância da relação de mistura e do tempo de indução, geralmente da ordem de 10 - 20 minutos para as tintas de base epóxi, pode descaracterizar por completo as propriedades da tinta.

- **Proporção de mistura:**

As recomendações de mistura entre o componente A e B devem ser respeitadas pelos pintores na hora da catalisação, pois, a falta ou excesso de um dos componentes pode produzir uma tinta com características diferentes da que foi

recomendada. As relações de misturas mais comuns são: 1A:1B (3,6 L:3,6 L); 2A:1B (2,4 L:1,2 L); 3A:1B (2,7 L:0,9 L).

Nota: Quando fornecida a relação de mistura em peso pelo fabricante, pode ser utilizado da balança e efetuado a mistura.

A mistura em peso é mais prática e segura, porém exige uma balança no local de preparação. Quando o pintor vai utilizar toda a quantidade do galão fornecido, não há necessidade de se preocupar com as proporções de misturas, pois, os fornecimentos são feitos em embalagens com as devidas proporções entre os componentes a serem misturados. Em casos de aplicação de apenas um dos componentes, a película pode ficar mole e pegajosa ou endurecer demais e ficar com o filme trincado e rachado. Deverá ser removida toda a tinta.

O tempo de indução é o tempo necessário para que o esquema epoxídico comece a reagir. Embora a reação comece imediatamente, esse tempo entre a mistura e a aplicação é fundamental para uma maior afinidade entre a resina epóxi e o agente de cura. É também chamado de pré-reação. Alguns estudos mostram que esquemas epoxídicos aplicados com tempo de indução conveniente apresentam desempenhos superiores aos mesmos esquemas aplicados imediatamente após a mistura dos componentes. O tempo de indução varia de acordo com o tipo de tinta epóxi.

Por último, um cuidado que deve ser observado nas etapas de mistura e diluição das tintas diz respeito à necessidade de passar a mistura em peneiras, com granulometria recomendada pelo fabricante da tinta. Tal providência é indispensável em tintas como a fenólica pigmentada com alumínio

(lamelar) e a etil silicato de zinco. Deve-se, entretanto, atentar para o fato de o peneiramento acarretar à retirada de material capaz de desbalancear a tinta, particularmente nas pigmentadas com zinco, que necessitam ter um teor de zinco tal que mantenha a continuidade elétrica e assim atuem protegendo catodicamente.

O ideal é que a mistura e a diluição das tintas sejam feitas imediatamente antes da aplicação, logicamente desde que observado o tempo de indução que, para o caso das tintas epóxi, é em geral de 15 minutos. É importante que para estes casos, sejam observados os tempos de vida útil da mistura, *pot life*, estabelecidos pelos fabricantes das tintas.

Esse tempo varia em função de cada tipo de tinta. Assim, uma tinta de base epóxi depois de diluída e misturada só pode ser aplicada nas poucas horas seguintes, da ordem de duas a oito horas. É recomendável que, também em termos de tempo de mistura, sejam observadas as instruções do fabricante.

- **Diluição das tintas**

As tintas são fornecidas com viscosidade mais alta e devem ser ajustadas ou diluídas de acordo com a necessidade seguindo a orientação do fabricante. A viscosidade mais alta ajuda a manter os pigmentos em suspensão, evitando a sedimentação. Algumas tintas quando fornecidas em viscosidades baixas (22" CF 4 a 25°C), tende a formar uma pasta mole ou dura no fundo das embalagens.

A diluição depende do tipo de peça a ser aplicada, das condições de aplicação e da habilidade do pintor. Muitas tintas podem e devem ser aplicadas a pincel, rolo ou pistolas apropriadas sem diluição.

A diluição serve para afinar a tinta permitindo que o ar comprimido usado pulverize o líquido que será lançado sobre a peça a ser pintada de forma que a mesma forme um filme uniforme seja formado.

O boletim técnico indica qual o diluente correto para a diluição e a sua substituição somente deve ser feita mediante autorização do fabricante, evitando desta forma que ocorra problemas na aplicação e pintura, tais como: perda de brilho, incompatibilidade, retardo na secagem, fervura, casca de laranja, empoamento.

- **Uso de diluente com solvente muito volátil:**

1. Problema de bolhas ou fervuras;
2. Casca de laranja, pois o filme superficial da tinta irá secar muito rápido, não havendo tempo suficiente para um bom alastramento ou formar filme liso. Salvo algumas exceções das tintas de alta espessura que tendem a esta característica;
3. Empoamento (ou over spray) ou pulverização a seco, a tinta perde o solvente de diluição durante a sua pulverização fazendo com que a tinta chegue seca na peça (como pó), baixando o brilho em alguns locais da peça.

- **Uso de diluente com solvente pouco volátil:**

1. Demora na secagem;
2. Escorrimento em superfícies verticais.

- **Uso de Diluente com baixo poder de diluição:**

Para uma boa diluição na proporção correta o pintor pode adotar um copo graduado de plástico resistente a solvente (polipropileno), adicionando à

tinta a quantidade de diluente necessária. Na diluição de tintas destinadas a indústrias, é recomendado que os pintores adotem o uso de copos de medida de viscosidade conhecidos como copo *ford* de diâmetro de orifício de 4 mm (CF 4) para determinar a correta viscosidade de aplicação de acordo com a sua instrução de trabalho. Esta medida é determinada com o uso de um cronômetro e dado em segundos (Ex: 16 a 22" CF4).

As tintas misturadas e diluídas que não serão aplicadas de imediato devem ser armazenadas em recipientes fechados e serem novamente homogeneizadas antes de serem usadas.

8.3.1 Tempo de vida útil (*pot life*)

Consiste em determinar o tempo (em minutos ou horas), que o pintor dispõe para aplicar a tinta, após a mistura dos componentes da tinta (A+B, ou mais componentes). O tempo de vida útil da mistura é determinado quando ocorre mudança na viscosidade original da tinta, ou seja, depois desse período suas propriedades tixotrópicas são alteradas e a formação da película fica comprometida.

8.4 Intervalo de tempo entre demãos

O intervalo de tempo entre demãos ou o tempo que deve ser aguardado para aplicação da demão subsequente ou ainda tempo de repintura, deve ser observado pelos pintores, pois logo após a aplicação da primeira demão de tinta começa a evaporação do solvente e a formação do filme seco e haverá um tempo certo a ser aguardado para aplicar a próxima demão.

O intervalo de tempo entre o preparo da superfície e a aplicação da primeira demão da tinta de fundo varia em função das condições atmosféricas do meio ambiente. Na orla marítima, como consequência da elevada umidade relativa do ar e da presença de cloretos, o tempo decorrido entre o início do preparo da superfície e o término da aplicação da primeira demão de tinta de fundo não deve exceder a três ou quatro horas.

Os boletins técnicos informam qual deverá ser este tempo e também em qual condição de temperatura do ambiente. A pintura não deve ser continuada com a próxima demão fora do prazo, pois, poderá gerar problemas.

- **Pintura antes do intervalo entre demão:**

No filme aplicado, ainda há presença de solvente retido que não teve tempo para evaporação. Aplicando outra demão, o filme de tinta fica com aparência de espessura exagerada. Poderá haver escorrimentos em superfícies verticais, demora para secar, enrugamento durante a secagem da tinta.

- **Pintura durante o intervalo de repintura certo:**

Haverá tempo suficiente para evaporação do solvente da demão anterior e a secagem do filme será adequada. O resultado posterior do teste de aderência será máximo.

- **Pintura após ultrapassar o intervalo entre demãos:**

Caso isto ocorra e nenhuma providência for tomada, a aderência poderá ser prejudicada gerando destacamentos entre demãos.

Quando ultrapassado o intervalo entre demãos, o procedimento de lixamento superficial da camada é necessário para criar sulcos ou ranhuras, cuja rugosidade, possibilita maior superfície de contato com a tinta a ser aplicada e assim melhora a aderência entre as demãos. Este processo de lixamento é chamado de quebra superficial no brilho. Em regiões mais secas e sem a presença de cloretos e compostos de enxofre na atmosfera, o intervalo não deve exceder a seis horas. A aplicação da primeira demão da tinta de fundo deve ocorrer sempre na mesma jornada de trabalho da execução do preparo da superfície.

Quando a superfície é muito grande e o jateamento efetuado naqueles intervalos de tempo não contempla toda a superfície, uma vez o jato interrompido e aplicado a primeira demão de tinta de fundo, o reinício da execução do preparo da superfície só deve ocorrer quando a tinta tiver alcançado o tempo de secagem ao toque. Nesta condição, a tinta aplicada não será capaz de permitir a impregnação de abrasivo ou pó, que prejudicaria o desempenho do esquema de pintura.

Ainda com relação a grandes superfícies, uma outra questão a ser analisada diz respeito à interrupção ou não da sequência de aplicação, até que o preparo da superfície seja terminado. O desejável é que todo o esquema de pintura seja aplicado em conformidade com os tempos de secagem, para a repintura, previsto na especificação da tinta que vai receber a demão subsequente. A observância destes intervalos faz com que a tinta base, não tendo alcançado o tempo de secagem total, não tenha suficiente resistência química ao solvente da demão subsequente e, assim, permita uma perfeita adesão química entre as demãos.

Quando a paralisação ocorrer por período de tempo muito longo, como é o comum em equipamentos cujo preparo da superfície seja feito no campo, imediatamente antes da montagem, é frequente a interrupção da aplicação do esquema de pintura após a aplicação da primeira demão da tinta de acabamento. Com isto, consegue-se uma satisfatória proteção durante o período de interrupção da aplicação do esquema de pintura.

Sempre que ocorrer a interrupção do esquema de pintura por período superior ao tempo de secagem para repintura, ao reiniciar a aplicação a última demão de tinta aplicada deve ser submetida ao um leve lixamento, para permitir que a demão subsequente tenha adesão mecânica sobre a mesma. Isto é imprescindível quando se trabalha com tintas de elevada resistência química, como as epóxi e as poliuretanas.

Em alguns casos, após uma interrupção muito prolongada, pode ocorrer uma degradação da última demão de tinta aplicada, e o defeito mais comum é o empoamento, nem sempre muito superficial, requerendo então um lixamento mais vigoroso, que provoca uma significativa redução da espessura, tornando necessário repetir-se a aplicação da demão da tinta desbotada, ou pelo menos repor sua espessura.

8.5 Tempos de secagem

O tempo de secagem está relacionada com a espessura da camada aplicada. É determinado com diversas finalidades e especificado para as tintas, em unidades de minutos ou horas. Há diferentes expectativas, definições, procedimentos ao se definir

a secagem de uma tinta na pintura seriada e na manutenção industrial.

8.5.1 Determinação de secagem – Pintura de linha seriada

- **Secagem ao Pó:** É o tempo necessário para que o filme de tinta não absorva as partículas de pó presentes no ambiente. Medida efetuada geralmente logo após a aplicação da tinta passando-se rapidamente a ponta do dedo (limpo e desengordurado) sobre o filme de tinta e verificando o momento em que não mais ocorre a marcação superficial no filme.
- **Secagem ao Toque:** É o tempo necessário para que o filme de tinta não fique aderido na ponta do dedo (limpo e desengordurado) ao se efetuar um leve toque superficial na película. O filme deve ficar seco o suficiente para não marcar a impressão digital, estar isento de pegajosidade ou “teia”.
- **Secagem ao Manuseio:** Colocar o painel de teste em posição horizontal, numa altura tal que quando o polegar é colocado sobre a película o braço do operador fique em linha vertical à superfície da placa. Apertar a película de tinta com o polegar (limpo e desengordurado), exercendo o máximo de força com o braço sobre o filme, e ao mesmo tempo girar o dedo polegar no plano da película em um ângulo de 90°. Passar levemente uma flanela ou estopa no local, para eliminar possíveis impressões digitais que podem confundir as avaliações.

Nota: A película será considerada seca “ao manuseio” quando não houver nenhuma alteração na superfície, tais como, desprendimento,

deslocamento, enrugamento ou outra evidência de distorção. É o tempo necessário para manusear a peça, forçando o filme de tinta com o polegar ou outro dedo (Limpo e desengordurado). Exercer a máxima pressão sobre o dedo e o filme, ao mesmo tempo, girar o dedo a um ângulo de 90°. A película é considerada seca ao manuseio quando não houver nenhuma alteração na superfície do filme avaliado.

8.5.2 Determinação de secagem – Pintura de manutenção industrial

- **Secagem livre da pegajosidade ou ao toque:** Tocar levemente a película de tinta com a ponta do dedo, limpo e desengordurado. Observar se alguma parte do revestimento é transferida para o dedo.

Nota: A película é considerada seca “ao toque” quando a tinta não mais aderir ao dedo e não oferecer muito atrito quando o dedo tocar levemente sobre a superfície da película.

É o tempo necessário para que a tinta esteja suficientemente seca para não aderir à “pele” quando tocada com a ponta do dedo e não haver impregnações.

Neste momento, a peça ou o equipamento pode ser manuseado.

- **Secagem à pressão:** é o tempo necessário para a secagem, de modo que se possam transportar a peça ou o equipamento sem causar danos à pintura.
- **Secagem para repintura:** é o tempo necessário à secagem, de modo que possam ser aplicadas as demãos subsequentes. Este tempo é sempre um mínimo, com exceção de tintas polimerizáveis,

que têm um mínimo e um máximo, ou seja, um intervalo para repintura. O mínimo, para permitir a aplicação da demão subsequente sem prejudicar a anterior, e o máximo, para que não se esteja com a demão anterior excessivamente lisa (vítrea) e, portanto, sem a adequada ancoragem física. A aplicação da demão subsequente antes do tempo mínimo para repintura pode provocar problemas de sangramento ou perda de adesão.

Os tempos de secagem são determinados com base na ASTM D 1640.

- **Completamente Endurecida (Total):** Pressionar a unha do polegar contra a película, deslizando-a sobre a mesma. Lustrar levemente a área contraída com um pano limpo.

Nota: A película será considerada completamente endurecida quando não for possível a sua remoção com a unha e quando a marca do polegar for totalmente removida pela operação de lustragem. Quando houver a remoção da película, esta não pode estar pegajosa.

8.6 Pintura na fábrica ou no campo

A aplicação do esquema de pintura na fábrica apresenta uma série de vantagens em relação à aplicação no campo. A primeira grande vantagem é a possibilidade de utilização de equipamentos sofisticados de aplicação, como a pistola eletrostática e a eletroforese. A segunda é a menor influência das condições atmosféricas, como ventos, altas e baixas temperaturas, elevadas umidades relativas do ar e chuvas, que prejudicam consideravelmente a aplicação no campo, por não poderem se controlar.

Entretanto, a depender das particularidades dos equipamentos que estão sendo pintados e do local onde serão utilizados, a aplicação no campo pode tornar-se mais vantajosa. É o caso típico de grandes equipamentos de caldeiraria, que se pintados na fábrica, durante as operações de transporte, armazenamento e instalação, poderão sofrer danos de tal ordem que, mesmo reparados, poderão comprometer o desempenho do esquema de pintura.

8.7 Métodos de aplicação

8.7.1 Trincha (pincel de formato chato)

É o mais elementar dos métodos de pintura, por ser uma ferramenta simples e, conseqüentemente de baixo custo, além de não requerer grande capacitação do aplicador. É o método mais indicado para aplicação da primeira de mão de tinta em cordões de solda, reentrâncias, cantos vivos e demais acidentes, onde outros métodos de aplicação poderiam deixar falhas, devido à dificuldade de penetração ou à cavidade e às demais regiões de difícil acesso.

Por maior que seja a habilidade do aplicador, tende a dar origem a películas não-uniformes, particularmente em termos de espessura. É um método de baixa produtividade. A perda de tinta durante a aplicação é mínima, normalmente não alcançando a 5%.

Método de aplicação: Deve ser feita mergulhando de 2/3 até a metade do comprimento das cerdas na tinta (evitam-se desperdícios de tinta e perda da própria trincha), depositando-se a tinta em uma região ainda não coberta e depois a espalhando em passes cruzados. O nivelamento e alisamento da

camada se fazem com longas pinceladas sobre as iniciais, sem apertar muito para evitar marcas das cerdas no filme. As pinceladas devem ser dadas com uma pequena inclinação na trincha, para facilitar o deslizamento. A inclinação deve ser ao contrário da volta.

Terminada a aplicação, as trinchas devem ser de imediato limpas com solvente adequado, de forma a remover qualquer depósito de tinta, e a seguir secas e adequadamente armazenadas (apoiados pelo cabo e nunca pelas cerdas). As trinchas normalmente utilizadas têm em torno de 125 mm de largura e suas cerdas são de pelos de animais, fibras sintéticas ou vegetais.

Tipo de Pincel	Tipo de Trabalho	Comentários
Medida de 75 a 125 mm (3 a 5 “)	Áreas grandes e planas	Maior rendimento da pintura
Medida de 25 a 50 mm (1 a 2”)	Áreas pequenas e planas	Evita desperdício de tinta
Medida de 75 a 125 mm (1-1½ “)	Parafusos, porcas, cordões de solda, frestas e arestas	Fazer penetrar nas frestas e saliências



Figura 22: Exemplos de trinchas

8.7.2 Rolo

É um método de aplicação que viabiliza a obtenção de elevadas espessuras por demão, mediante passes sucessíveis, conferindo-se a medida de filme úmido obtido conforme especificado, além de alcançar maior produtividade que a trincha. As perdas de tinta durante a aplicação são em principio superiores à da trincha, devido principalmente a respingos, porém, o fato de se conseguir espessuras mais uniformes do que aquele método tende a igualar suas perdas. Exigem diluições ligeiramente superiores às exigidas pela trincha.

O método de aplicação a rolo é particularmente aplicável à pintura de grandes áreas planas ou com grande raio de curvatura, na presença de ventos, onde a aplicação à pistola a elevadas perdas de tinta. O mesmo se aplica as tubulações de variados diâmetros. Os rolos fabricados a partir de pelo de carneiro são de melhor qualidade para aplicação da maioria das tintas utilizadas em pintura industrial. O rolo mais utilizado tem largura de 150 mm, sendo eventualmente utilizado o de 50 mm para superfícies de menor dimensão, como cantoneiras e tubulações de pequeno diâmetro.

Método de aplicação: O rolo não deve ser mergulhado todo na tinta. Deve ser mergulhada na tinta depositada em uma bandeja ou recipiente, que possui uma região que permite a retirada de excessos, que pode gerar escorrimentos ou desperdícios, espalhando-se a tinta na superfície dada uma sobreposição de 50 mm.

A pressão do rolo sobre a superfície deve ser controlada para obter um filme de espessura uniforme. Para superfícies muito rugosas o rolo deve ser passado em várias direções indo e voltando para

fazer a tinta penetrar nas irregularidades. A cada novo início de espalhamento da tinta, o rolo acumula muita tinta e no final do percurso já está com pouca, devido a isto é importante fazer o repasse em sentido contrário ao primeiro movimento uniformizando a camada. Ao final da aplicação, o rolo deve ser imediatamente limpo com solvente, para que possa ser reaproveitado.



Figura 23: Exemplos de rolos usados na pintura

8.7.3 Pistola convencional

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, apresenta grande produtividade, tem como característica a obtenção de espessura de película quase que constante ao longo de toda a superfície pintada.

A aplicação da tinta pelo método da pistola convencional requer que a mesma seja diluída mais que qualquer outro método, para adequar sua viscosidade, de forma que ela possa fluir do recipiente até a pistola pela ação da pressão do ar. Como consequência dessa excessiva diluição, o método tem duas desvantagens significativas. A primeira é que, com a evaporação do solvente, há

uma sensível redução da espessura da película úmida para seca.

O método de aplicação por pistola convencional apresenta ainda como limitação o fato de levar à excessiva perda de tinta durante a aplicação, da ordem de 30 %, e os riscos de segurança, observados quando a aplicação é feita em ambientes fechados, são significativos, devido ao excessivo acúmulo de solventes.



Figura 24: Exemplo de pistola convencional

Existem dois tipos de equipamentos tidos como pistola convencional

- Nos mais simples, o recipiente é acoplado diretamente a pistola (pistola de caneco).
- No outro, a tinta é depositada em um grande recipiente e, através de mangueiras, pela ação da pressão do ar injetado dentro do recipiente, chega até a pistola.

O pequeno recipiente do primeiro equipamento acarreta frequentes interrupções da aplicação para enchimento do mesmo com tinta. A vantagem do segundo equipamento é que a pistola fica mais leve, uma vez que o recipiente onde a tinta é depositada não fica acoplado à mesma, como acontece com o primeiro equipamento.

A instalação para aplicação das tintas pelo método de pistola convencional, consiste: manômetro, regulador de pressão e válvulas de entrada de ar e saída da mistura ar e tinta, mangueiras de ar e da mistura ar e tinta, pistola (com bico que é selecionado em função da tinta que se quer aplicar, a partir de instruções fornecidas pelo fabricante da mesma) e fonte supridora de ar, que deve ser seco.

Tipos de Pistola Convencional

Alimentação	Comentários
Sucção	Caneca: a tinta é transferida por sucção para a pistola.
Pressão	Tanque: A tinta é empurrada para a pistola devido a pressão gerada no tanque

- **Pistola de caneca:** usado em oficinas de repinturas ou na indústria para operação de peças pequenas. A caneca quando cheia pesa em torno de 1 Kg dependendo da tinta, cansando o pintor.
- **Pistola convencional com tanque de pressão:** muito usado na indústria onde há necessidade de produtividade. O tanque permite a colocação de um volume maior de tinta preparada, evitando paradas para reabastecimento. Alguns tanques trazem acoplado um agitador pneumático para homogeneizar a tinta constantemente.

Na aplicação da tinta pelo método da pistola convencional, uma série de cuidados devem ser observados. O primeiro é a correta diluição da tinta, procurando-se ajustar sua viscosidade a uma aplicação adequada. Outro é a seleção do bico da pistola, que é feita em função das propriedades tixotrópicas da tinta. A pressão e a vazão do ar que é injetado no tanque de pressão também devem ser selecionadas em função das propriedades da tinta que se quer aplicar. Este elenco de parâmetros

definirá o leque do fluido constituído da mistura tinta e ar que sai do bico da pistola.

Método de aplicação: A pistola deve ser posicionada com o leque do fluido constituído de tinta e ar, incidindo perpendicularmente em relação à superfície a pintar e deslocada em movimentos de ida e volta paralela aquela superfície.

Neste movimento de ida e volta, deve haver uma sobreposição da passada subsequente para que haja continuidade da película aplicada. A sobreposição deve ser da ordem de 50%. A distância do bico da pistola à superfície deve oscilar entre 15 e 20 cm. A aplicação com a pistola muito próxima da superfície causa o defeito de escorrimento da película e, com a pistola muito distante, o efeito de sobreposição ou *over spray* (depósitos sobre a superfície em forma de pó ou grânulos). A velocidade de passagem do leque de fluido em um sentido e outro também pode causar tais defeitos.

O defeito do *overspray* é ainda muito comumente observado em aplicação de tintas pelo método de pistola convencional quando o pintor não tem a necessária qualificação e é influenciado pela diluição, seleção do bico, pressão do ar, distância inadequada da pistola à superfície e movimentos irregulares.

COMO MOVIMENTAR A PISTOLA PERANTE A PEÇA

- Mantenha o pulso flexível

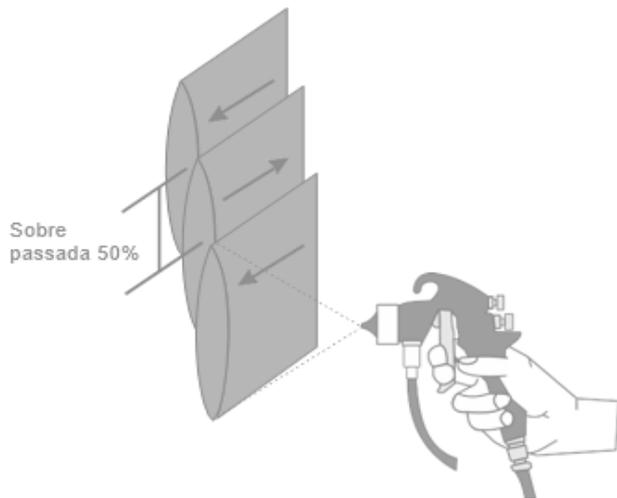


Figura 30: Esquema de aplicação da tinta sobrepondo 50% do passe anterior

SOBREPOSIÇÃO DE CAMADA EM 75%

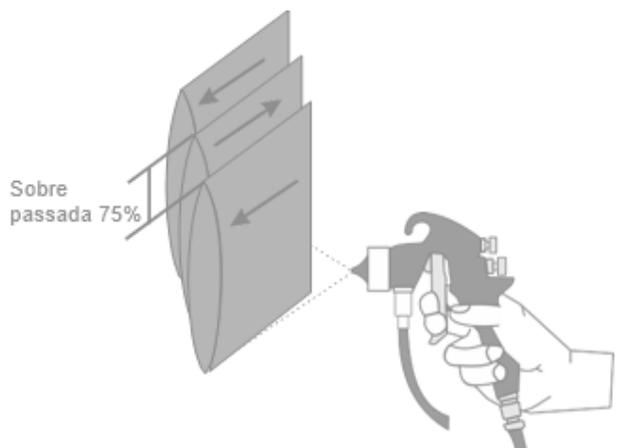


Figura 31: Esquema de aplicação da tinta sobrepondo 75% do passe anterior

COMO COBRIR UM PAINEL GRANDE SOBREPONDO CAMADA LATERAL

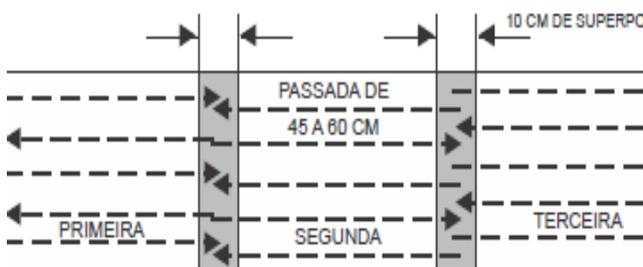


Figura 31: Esquema de aplicação da tinta sobrepondo as extremidades do passe anterior em 10 cm.

LINHA DE AR COMPRIMIDO

O ar deve chegar limpo e seco à pistola, em volume e pressão suficientes. Um sistema de geração de ar é composto de: Compressor, tubulações de diâmetro suficiente, reguladores de pressão com manômetros em bom estado de funcionamento, filtros separadores de água e óleo e mangueiras com comprimento e diâmetro adequado.

COMPRESSOR DE AR

A instalação dos compressores deve ser em local limpo para evitar que a poeira venha a entupir o filtro de entrada do ar, em local seco para evitar o acúmulo de água no reservatório causado pela umidade presente no ar e ventilado para melhorar o resfriamento do cabeçote, capacidade de geração de ar suficiente para manter boa pressão durante o processo de aplicação.

Deve estar nivelado e em local de fácil acesso para facilitar a sua manutenção. O óleo de lubrificação deve ser verificado diariamente e efetuado o dreno da água acumulada no reservatório diariamente.

TUBULAÇÃO DE AR

Deve ser de aço galvanizado com bitolas de $\frac{3}{4}$ a $\frac{1}{2}$ polegada, dependendo do volume de ar necessário. Deve ser a mais direta possível para evitar perda de pressão e instalada com inclinação no sentido do compressor, para que em caso de acúmulo de água e óleo, estes retornem facilmente ao reservatório.

8.7.4 Pistola ser ar (Airless)

Ao contrário da pistola convencional, que utiliza o ar 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 sua pulverização.



Figura 32: Exemplo de Pistola Airless

A alimentação da pistola é feita com bombas hidráulicas e a atomização das tintas é produzida pela passagem da tinta sob alta pressão através de um orifício de diâmetro muito pequeno.

Pressões da ordem até 7.500 Libras/pol², dependendo do tipo de equipamento usado, enquanto nas pistolas convencionais a pressão no tanque fica por volta de 20 a 60 Libras/pol². Isto permite que sejam aplicadas com este método tintas com elevadas quantidades de sólidos por volume (tintas sem solventes), sem a necessidade de diluição e em espessuras elevadas.

Além de ser um método que permite a aplicação de películas de tintas com propriedades uniformes em termos de espessura e baixa incidência de falhas, é de elevada produtividade e tem perdas de tinta na aplicação bastante reduzidas, da ordem de 15%. Na aplicação da tinta pelo método da pistola sem ar devem ser observados os mesmos cuidados já

descritos para a aplicação da pistola convencional em termos de diluição, seleção do bico e movimentos de aplicação.

A aplicação de tintas pelo método da pistola sem ar requer cuidados de segurança por parte do pintor, dadas às elevadas pressões envolvidas. A distância entre o bico da pistola airless e a superfície a ser pintada é de 25 a 50 cm. Adotam-se as mesmas técnicas de aplicação para a pistola convencional.

8.7.4.1 Pistola Airless assistida

Método de aplicação misto entre o sistema airless e o convencional, utilizando a técnica de pressurização com pressões de 3.000 a 4.000 Libras/pol², e possui capa com chifres e com orifícios para a saída do ar comprimido para auxiliar na pulverização. Utilizado para melhorar as propriedades de aplicação e pulverização em tintas sem diluentes, quanto à distribuição das partículas de tinta permitindo um acabamento mais uniforme.

8.7.5 Pistola eletrostática

A pintura eletrostática é um método de aplicação de tintas muito utilizado na aplicação de 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 dos tubos é feita na oficina, e as juntas são aplicadas eletrostaticamente no campo.

A tinta é eletrizada na pistola durante a pulverização e projetada contra a peça que deve ser aterrada com carga de sinal contrário. O

aproveitamento da tinta neste método é maior devido as partículas que seriam perdidas durante a pulverização, serem atraídas para a peça.

As tintas utilizadas na pintura eletrostática baseiam-se na seleção dos aditivos e solventes, responsáveis por fornecer maior ou menor polaridade, podendo ser tintas líquidas ou em pó. Estes produtos devem ser fornecidos dentro das faixas de condutividade (faixa de 10 a 30 micro amperes - μA) ou resistividade (faixa de 0,4 a 0,8 megaohms - $\text{M}\Omega$) de acordo com o equipamento de aplicação.



Figura 33: Exemplo de pistola eletrostática

8.7.6 Imersão

A pintura de imersão pode ser dividida em dois processos:

- **Imersão simples:** em que se mergulha a peça a ser revestida em um “banho” de uma tinta contida em um recipiente. Normalmente, este recipiente possui uma região para recuperação da tinta que se escoou da peça, após sua retirada do “banho”. Este processo oferece uma série de **vantagens**, tais como:

- Economia, por minimização de perdas (apesar da evaporação que, entretanto, só desperdiça solvente);
- Fácil operação;
- Utilização mínima de operadores e equipamentos;
- Uso de pessoal não especializado e qualificado;
- A peça fica completamente recoberta, não havendo pontos falhos sem aplicação de tinta.

As **desvantagens** são:

- Espessura irregular, pois, quando a peça é retirada do banho, a tinta escorre pela superfície e, conseqüentemente, as partes de cima sempre terão menor espessura que as partes de baixo;
- Tendência a apresentar escorrimentos, principalmente nos pontos onde existam furos, depressões ou ressaltos na peça, prejudicando o aspecto estético;
- Baixa espessura de película (salvo em casos especiais) etc.
- **Imersão eletroforética:** neste processo, é mantido o mesmo princípio da imersão simples. As tintas usadas possuem, porém, uma formulação especial, que permitem a sua polarização. Usando esta propriedade a peça é ligada a retificadores e estabelece-se, entre a peça e a tinta onde ela está mergulhada, uma diferença de potencial, de modo que a tinta seja atraída pela peça (que, obviamente tem de ser metálica). Desta forma, toda a peça fica recoberta com uma camada uniforme e aderente de tinta, com espessura na faixa 20-40 μm . O excesso de tinta, não aderida, é removido por posterior lavagem. Após a peça é introduzida em

estufa para que a película venha a se formar por ativação térmica.

Tanto para imersão simples quanto para a eletroforética, deve-se manter o banho em constante agitação, para manter os sólidos (principalmente pigmentos) em suspensão. Estas tintas possuem baixo teor de pigmentação, para que a suspensão seja facilitada. Este processo é usado para pequenas peças e até carrocerias de automóveis.

- **Pintura por *flooding*:** O método de aplicação conhecido como “*Flooding*” pode substituir a pintura por imersão. Faz-se um esguicho com mangueira, dando um banho de tinta na peça. Método de aplicação de tintas bicomponentes, utilizando pequenos volumes por meio de um esguicho. Utilizado na pintura de tanques e radiadores de transformadores. Consiste em utilizar uma bomba pneumática para fazer circular a tinta e espalhar a mesma na peça situada sobre uma caçamba, onde o excesso da tinta escorre para o centro da caçamba sendo recolhida e bombeada novamente para a peça. Geralmente usa-se a quantidade mínima de 02 Galões de tintas catalisada e diluída no abastecimento da bomba. O ajuste da viscosidade e escolha do produto é muito importante para se conseguir um bom alastramento e boa camada na peça. Recomenda-se realizar medições da viscosidade durante o processo visando garantir uma boa aplicabilidade.

Estimativa de perda de tinta durante a aplicação

Método de aplicação	Perda de tinta
Convencional	20 a 40%
“Air less”	10 a 20%

Eletrostático	05 a 15%
Imersão	05 a 08%
Pincel ou rolo	04 a 08%

9 FALHAS E DEFEITOS

Qualquer esquema, mesmo que bem selecionado, com tintas adequadas e com adequados cuidados de aplicação e de controle de qualidade, pode apresentar pequenas falhas, sendo, portanto, necessário inspecioná-lo periodicamente. Além de falhas por corrosão, a inspeção visa a avaliar o estado de pintura no que concerne a outros defeitos, principalmente danos mecânicos e empoamento. Logo, abaixo segue algumas causas das falhas, bem como o tipo de defeitos possíveis de apresentar na película da tinta.

9.1 Causas de falhas e defeitos

- **Escolha do sistema de pintura:** as principais causas de falhas relacionadas com o sistema de pintura são a indicação errada do sistema e, a escolha do sistema pelo custo inicial mais baixo. A escolha do sistema de pintura não deve considerar como fator primordial o seu custo e sim a compatibilidade com o substrato, condições ambientais e operacionais.
- **Aplicação deficiente:** as falhas ocorrem por esse motivo pois ocorreu preparo deficiente do substrato, espessuras de camadas inadequadas, umidade relativa elevada (igual ou superior a 85%), ou inspeção e fiscalização deficientes. Isso ressalta a importância da presença de pessoal qualificado para a realização e inspeção dessa atividade.
- **Deficiência de utilização:** as principais causas estão associadas à geometria das estruturas e às

condições operacionais, entre elas as mais comuns são a presença de frestas, parafusos e porcas, fluxos e respingos de solda, abrasão e erosão.

- **Deficiência de manutenção periódica:** a ausência de reparos ou repintura parcial, assim como a falta de limpeza periódica em áreas sujeitas a estagnação de líquidos e deposição de sólidos são os principais fatores que a deficiência de manutenção afeta na integridade das tintas

9.2 Tipos de defeitos de película

- **Espessura excessivamente desuniforme:** a espessura de película seca deve situar-se numa faixa de 10% a menos até o máximo 30% mais que a espessura nominal especificada. Este valor máximo, dependendo do tipo de tinta, deve ser de 20 ou 10%. Variações excessivas constituem-se em custos adicionais, quando a espessura é muito superior, e deficiência na proteção, quando a espessura é muito inferior à especificada. As tintas inorgânicas de zinco podem apresentar problemas de fendilhamento quando aplicadas em espessura 10% superior à prevista.
- **Consumo elevado:** consiste em rendimento real ou prático muito aquém do esperado. As causas de consumo elevado podem ser: rugosidade excessiva, equipamento de aplicação inadequado para o tipo de estrutura, inabilidade do aplicador, condições de vento excessivo para aplicação a pistola, além, naturalmente, de desperdício da tinta pelo não- aproveitamento total do conteúdo do recipiente ou por endurecimento de tintas bicomponente misturas e não aplicadas em tempo hábil recomendado pelos fabricantes;
- **Impregnação de abrasivos:** este defeito ocorre pela impregnação de abrasivos, devido à operação de jateamento nas proximidades de uma tinta recém aplicada e que não tenha atingido ao tempo de secagem ao toque ou livre de pegajosidade. Neste caso, as partículas de abrasivo são incorporadas à tinta e, como são partículas grosseiras, comprometem o aspecto estético e podem prejudicar a proteção anticorrosiva. A impregnação pode ocorrer também devido à poeira ou outros materiais em suspensão que venham se depositar sobre a tinta. Entretanto, o recurso de impregnar com abrasivo uma tinta ainda úmida pode ser usada em superfícies planas de convés e passadiços, dentre outras, com o objetivo de se obter um piso antiderrapante.
- **Escorrimento:** neste defeito a tinta apresenta-se escorrida, podendo ser ocasionado por um acúmulo excessivo de tinta na superfície, por defeitos de formulação (viscosidade e consistências baixas da tinta), superfície muito fria, ou ainda aproximação excessiva da pistola, no caso de aplicação com este equipamento.
- **Casca de Laranja:** é um defeito em que a película de pintura se apresenta rugosa, semelhante de uma casca de laranja. É gerado normalmente na aplicação a pistola, devido a solvente muito volátil, atomização inadequada (pouca pressão na pistola) ou aproximação excessiva da pistola em relação à superfície a pintar. Este defeito pode ser previsto propositalmente em pequena escala para disfarçar, por ilusão de ótica, pequenos defeitos de nivelamento em chaparias planas. A casca de

laranja, quando aumentada por aditivos apropriados à base de silicone, origina as chamadas tintas marteladas, muito usadas como defeito decorativo;

- **Empolamento:** consiste na formação de nódulos sob a película pelo aprisionamento de um fluido. As causas deste defeito são diversas, porém as mais importantes são as condições ambientais inadequadas para aplicação (umidade relativa do ar superior a 85% e temperatura de chapa inferior a 10°C), retenção de solvente ou processos corrosivos acelerados.
- **Empoamento ou calcinação:** este defeito é também denominado de engizamento e consiste na degradação da resina pela ação de raios ultravioleta do sol. Com esta degradação tem-se liberação dos pigmentos e a consequente perda de brilho e, em alguns casos, até da cor. É um defeito característico de certas resinas. A resistência a raios ultravioleta é uma característica fundamental das resinas. Há aquelas que são altamente resistentes aos raios ultravioletas, como, por exemplo, as poliuretanas alifáticas, e aquelas de resistência razoável, como as acrílicas e estirenoacrilato, e há, ainda, aquelas que possuem uma fraca resistência, como a epóxi e as alquídicas. Este defeito pode manifestar-se ou ser agravado também pela degradação de pigmentos, em especial os orgânicos.
- **Fendilhamento ou gretamento:** este defeito, também denominado em outras publicações de fraturamento e craqueamento, consiste na quebra da película devido à perda de flexibilidade. É um defeito característico de formulações mal balanceadas, ou falta de plastificante na tinta. Algumas tintas que

formam películas duras têm mais tendência a fraturas quando aplicadas em maiores espessuras. Em exemplo clássico é o silicato inorgânico de zinco.

9.3 Identificação, origens e correção de defeitos

O primeiro passo na solução de qualquer problema com relação a tintas é identificá-lo corretamente e, em seguida, determinar sua causa. A possibilidade de haver mais de uma causa contribuindo para um único defeito não deve ser descartada. As propostas corretivas para os defeitos apresentados podem não ser específicas de um determinado defeito, devido a particularidade da manufatura ou restrições relacionadas ao desempenho do produto.

A combinação de várias soluções (duas ou mais alternativas) normalmente é mais eficaz, pois os efeitos são mais facilmente eliminados dessa maneira. Ao se perceber que a falha persiste após a aplicação da solução indicada, deve-se retornar à fase de identificação (diagnóstico), observando-se os seguintes pontos:

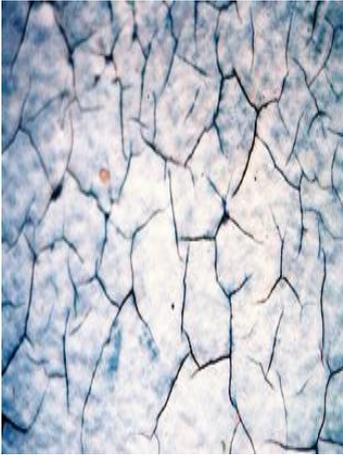
1. Se a identificação do defeito foi correta
2. Se todas as causas prováveis foram consideradas
3. O uso dos materiais corretos (lotes de tinta e tipos)
4. Qual o substrato empregado

O quadro seguinte apresenta causas e soluções para os problemas de aplicação de tintas líquidas.

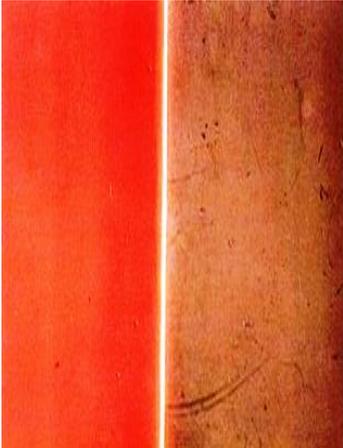
Identificação	Origens	Correções
 <p style="text-align: right;">Fervura</p> <p>Presença de várias bolhas pequenas que aparecem em parte de superfície ou em toda a superfície pintada, podendo ou não apresentar um pequeno orifício central</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Evaporação muito rápida do solvente 2) Aplicação sobre superfícies quentes 3) Tinta formulada inadequadamente para aplicação a rolo 4) Uso de Diluente/<i>Thinner</i> inadequado 5) Espessura muito alta 6) Não atendimento dos intervalos entre demãos 7) Necessidade de Flash Off 8) Temperatura ambiente 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Após secar, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme a especificação técnica 2) Usar solvente menos volátil 3) Uso de retardador 4) Deixar esfriar o substrato 5) Usar tinta aditivada com tenso ativos / antiespumantes para aplicação a rolo 6) Usar Diluente / <i>Thinner</i> correto 7) Aplicar na espessura recomendada 8) Respeitar os intervalos recomendados entre demãos 9) Aumentar o tempo de <i>Flash Off</i> para forneio (Cura em estufa)
 <p style="text-align: right;">Enrugamento</p> <p>Presença de microrugas na superfície ou encolhimento da película de tinta aplicada em parte ou em toda a superfície. Ondulação da película, ocasionada por uma secagem irregular</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pode ser motivado por películas muito espessas ou por solventes extremamente voláteis 2) Secagem superficial muito rápida 3) Formulação da tinta (uso solventes muito voláteis) 4) Não atendimento dos intervalos entre demãos 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Após secar, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme a especificação técnica 2) Se necessário remover tudo 3) Aplicar espessura correta 4) Usar solvente menos volátil. 5) Diluir corretamente

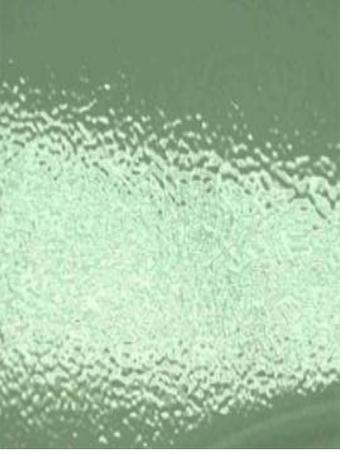
Identificação	Origens	Correções
 <p>Empolamento ou Bolhas</p> <p>Formação de bolhas ou vesículas contendo sólidos, líquidos ou gases</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Encapsulamento de ar na tinta devido processo de mistura e preparação 2) Processo de aplicação que envolve bombeamento 3) Secagem superficial rápida do filme 4) Uso de solvente de evaporação rápida 5) Superfície mal preparada ou oleosa. 6) Excesso de umidade no substrato ou ambiente. 7) Solvente retido no substrato devido à secagem rápida da tinta. 8) Uso de tinta muito porosa (inadequada ao ambiente) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Após secar, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme a especificação técnica 2) Se necessário remover tudo 3) Uso de menor proporção de solventes de evaporação rápida na formulação 4) Melhorar a limpeza superficial. 5) Tratamento de superfície próximo orla marítima (maresia) 6) Eliminar a umidade no substrato. 7) Aplicar espessuras conforme recomendação e usar solvente mais pesado. 8) Eliminar a umidade do ambiente 9) Rever especificação da tinta
 <p>Marcas de trincha</p> <p>Falta de nivelamento; pintura estriada no sentido de aplicação</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tinta com desbalanceamento tixotrópico. 2) Solvente de evaporação rápida. 3) Inabilidade do pintor ou pincel de cerdas muito duras. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Utilizar produtos adequados. 2) Usar solventes de evaporação mais lenta (retardador) 3) Treinamento de Pintor 4) Utilização de pincel mais macio.

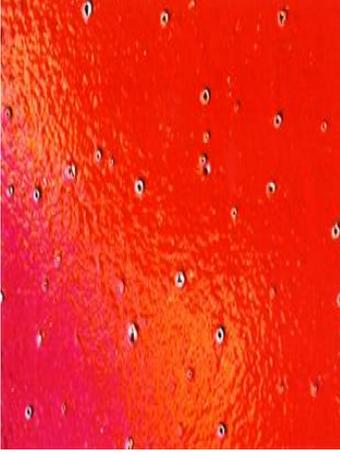
Identificação	Origens	Correções
 <p>Gretamento ou Craqueamento</p> <p>A superfície apresenta-se com aspecto de textura igual ao couro de jacaré (<i>alligatoring</i>)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inabilidade do Pintor 2) Aplicação de tintas Etil Silicato de Zinco (Alta Camada) 3) Aplicação de tinta de alta dureza sobre fundo de menor dureza. 4) Secagem superficial rápida, enquanto a película continua pastosa por retenção do solvente. 5) Camada muito espessa. 6) Diluição inadequada 7) Não observância dos intervalos entre demãos 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Treinamento do Pintor 2) Respeitar intervalos entre demãos 3) Respeitar intervalos entre demãos 4) Seguir orientação de diluição 5) A tinta aplicada deve ser de dureza adequada ao fundo. 6) Usar solvente adequado. 7) Aplicar espessuras conforme recomendação 8) Seguir recomendação de intervalo entre demão 9) Caso a tinta for Etil Silicato de Zinco – Derrubar tudo jateando.
 <p>Escorrimento ou Coladuras</p> <p>Em superfícies verticais as tintas tendem, por ação da gravidade, a se deslocar enquanto líquidas, em forma de onda ou gotas até a parte inferior.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inabilidade do Pintor 2) Viscosidade muito baixa da tinta. 3) Camada muito espessa. 4) Uso de diluentes inadequados 5) Desbalanceamento de solventes. 6) Falta de tixotropia. 7) Não observância dos intervalos entre demãos 8) Sedimentação na embalagem 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Treinamento do Pintor 2) Acertar a viscosidade conforme orientação do fabricante. 3) Aplicar espessuras recomendadas de filme úmido 4) Usar solventes mais voláteis. 5) Utilizar produtos de boa qualidade técnica. 6) Respeitar intervalos recomendados entre demãos 7) Misturar bem as tintas

Identificação	Origens	Correções
 <p>Trincamento</p> <p>A superfície apresenta-se com minúsculas trincas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Intervalos entre demãos menores que o estipulado. 2) Uso excessivo de solvente nas camadas subsequentes. 3) Ganho ou perda de água (quando a superfície é de madeira). 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Obedecer ao tempo recomendado pelo fabricante para repintura. 2) Usar Diluente recomendado pelo fabricante 3) Selar o substrato da madeira convenientemente. 4) Não usar qualquer tipo de <i>thinner</i>
 <p>Descoramento (branqueamento)</p> <p>Perda de cor por degradação dos pigmentos ou por fotodegradação da resina. Geralmente ocorre em Tintas Epóxi.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pigmentos ou resinas inadequadas para a finalidade. 2) Ocorre com mais frequência em dias frios, úmidos e chuva. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Empregar tintas de formulação adequada para resistir às condições ambientais específicas. 2) Esperar secar e polir com Massa de Polir 3) Em casos mais graves, aguardar secagem completa, lixar com lixa de grana fina, adicionar de 5 a 10% em volume de Retardador.
 <p>Aspereza</p> <p>Após a secagem da tinta a superfície se apresenta áspera ao toque, com partículas sólidas salientes e aderidas ao filme.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Poeira do ambiente depositada sobre a pintura enquanto ainda não curada. 2) Presença de sedimentação na tinta 3) A tinta não foi devidamente homogeneizada antes da aplicação. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Evitar pinturas em ambientes com presença de poeira. 2) Homogeneizar a tinta completamente e filtrar se necessário.

Identificação	Origens	Correções
 <p>Sangramento</p> <p>Consiste no manchamento de uma película, especialmente pelo afloramento da cor da tinta de fundo. Migração parcial dos pigmentos, geralmente vermelhos e marrons da pintura antiga para a película do novo acabamento.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) O solvente do novo acabamento dissolve a tinta antiga. 2) A ação de solventes fortes da tinta de acabamento provoca a dissolução da tinta de fundo, com o consequente manchamento do acabamento. 3) Aplicação de tintas sobre tintas à base de alcatrão 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Remover totalmente a pintura e repintar com a cor desejada. 2) Consultar o fabricante quanto a recomendação de produtos
 <p>Descascamento (falta de aderência)</p> <p>Descascamento do filme de tinta do substrato, parcial ou totalmente. Consiste na perda de aderência entre a película e o substrato ou das diversas demãos entre si.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Superfície mal preparada, contaminada com gorduras ou partículas sólidas soltas. 2) Umidade no substrato sob efeito do calor ambiental passa ao estado de vapor, pressionando o filme de tinta, que se desprende. 3) Pintura sobre superfície aquecida. 4) Contaminação da superfície a ser pintada após a limpeza 5) Rugosidade inadequada (pouca rugosidade) 6) Inobservância dos intervalos para repintura 7) Contaminação da superfície entre demãos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Melhorar a limpeza superficial 2) Controlar o perfil de rugosidade 3) Eliminar partículas sólidas soltas. 4) Medir a temperatura do substrato 5) Rever possíveis pontos de contaminação durante o manuseio da peça 6) Ajustar a viscosidade de maneira a garantir a tensão superficial baixa pra uma completa umectação da superfície. 7) Nunca usar tintas convencionais sobre superfícies aquecidas acima de 50°C.

Identificação	Origens	Correções
 <p>Calcinação Envelhecimento superficial das pinturas resultando no seu engizamento (<i>chalking</i>)</p>	<p>1) Degradação da resina das tintas sob o efeito dos raios solares (Tintas Epóxi). 2) Nas tintas brancas e pastéis uso de pigmento (dióxido de titânio) inadequado.</p>	<p>1) Escolher tintas de formulação adequada para resistir as radiações ultravioleta e as intempéries.</p>
 <p>Desenvolvimento de fungos ou bolor</p> <p>Formação de colônias de fungos que se desenvolvem escurecendo a superfície.</p>	<p>1) Umidade elevada associada à presença de materiais orgânicos em decomposição ou parasitas de plantas. 2) Temperatura ambiente entre 0°C e 40°C e oxigênio favorecem o desenvolvimento de fungos.</p>	<p>1) Lavar a superfície com solução de hipoclorito de sódio ou formol. 2) Usar tintas que contenham agentes fungicidas. 3) Diminuir a umidade aquecendo o ambiente e aumentando a ventilação. 4) Aplicar esquemas de pintura que tornem as superfícies niveladas, livres de micro cavidades e imperfeições onde os fungos se alojam.</p>
 <p>Diferença de tonalidade</p> <p>Manchas na superfície com impressão de serem cores diferentes</p>	<p>1) Uso de <i>thinners</i>/solventes inadequados. 2) Utilização de produtos com viscosidades incorretas. 3) Uso incorreto do revólver de pulverização. 4) Número inadequado de demãos. 5) Homogeneização inadequada antes da aplicação</p>	<p>1) Se necessário remover totalmente o filme aplicado 2) Corrigir a tonalidade com as cores <i>mixing</i>. 3) É importante homogeneizar bem o produto antes da sua aplicação 4) Conferir as espessuras do filme aplicado</p>

Identificação	Origens	Correções
 <p>Casca de laranja</p> <p>Irregularidades da Superfície pintada lembrando o aspecto de casca de laranja (filme não uniforme, micro relevos)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ambiente muito quente durante a pintura 2) Alta viscosidade da tinta grossa 3) Uso de <i>thinners</i> ou solventes não recomendados. 4) Regulagem inadequada do revólver de pulverização. 5) Velocidade de aplicação e distância entre o revólver e a superfície incorreta. 6 Aceleração da secagem com jato de ar. 7) Intervalo insuficiente entre demãos. 8) Inabilidade do Pintor 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Se necessário remover totalmente o filme aplicado 2) Treinamento do Pintor 3) Consultar fabricante quanto ao Diluente adequado 4) Ajustar corretamente a viscosidade de aplicação da tinta 5) Obedecer aos intervalos entre demãos.
 <p>Manchamento das cores metálicas</p> <p>Concentração de alumínio em pequenas áreas, ocorrendo o manchamento da pintura.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inabilidade do Pintor 2) Pressão muito baixa ou distância insuficiente do revólver em relação à superfície. 3) Uso de <i>Thinners</i> ou solventes de evaporação lenta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Treinamento do Pintor 2) Após secagem completa, lixar e repintar 3) Usar apenas o diluente recomendado pelo fabricante

Identificação	Origens	Correções
 <p>Oxidação Prematura</p> <p>Manchas de oxidação vindas do substrato</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Insuficiência de espessura seca final. 2) Peça jateada sem controle do perfil de jato. 3) Contaminação. 4) Aplicação de espessura de filme irregular 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Adequar e controlar camadas secas. 2) Umidade no substrato. 3) Aplicar a tinta em espessuras uniformes 4) Controlar o perfil de jato
 <p>Eflorescência</p> <p>Sais inorgânicos de coloração esbranquiçada que migram do interior da superfície e podem, inclusive, romper a película de tinta.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Superfície de alvenaria contendo alto teor de umidade, sem estar suficientemente curada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Raspar o substrato e aguardar cura completa do mesmo. 2) Utilizar fundo selado alcalino resistente e repintar com tinta adequada. 3) Se necessário, neutralizar previamente a superfície com solução de ácido muriático.
 <p>Crateras</p> <p>Formação de uma pequena depressão arredondada sobre a superfície pintada. Pode apresentar-se de forma perfurante e apenas superficial. Também conhecida como olho de peixe.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Superfície contaminada por óleos, graxas ou gorduras 2) Ambiente de pintura contaminado por silicões 3) Uso de anti-respingos e desmoldantes a base de silicone em áreas próximas a pintura 4) Ar comprimido contaminado 5) Umidade sobre a peça e no ar 6) Falta de instalação de purgadores e filtros de ar 7) Pouca homogeneização da tinta 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Observar o tratamento de superfície quanto a presença de óleo 2) Instalar purgadores de ar próximo as pistolas de pintura 3) Efetuar a purga do compressor com certa frequência 4) Eliminar anti-respingos e desmoldantes a base de silicone dos locais de realização de solda 5) Homogeneizar bem a tinta antes da preparação.

Identificação	Origens	Correções
 <p>Névoa Branqueamento (<i>Brushing</i>) É o esbranquiçamento da superfície pintada com Tinta Nitrocelulose. Durante a aplicação, a evaporação dos solventes provoca o resfriamento. A água condensada no filme provoca a precipitação das resinas e pigmentos, gerando o aspecto leitoso e falta de brilho.</p>	<p>1) Ocorre durante a aplicação da tinta em condições de alta umidade 2) Uso de diluentes / <i>thinners</i> inadequados 3) Presença de muita umidade no ambiente de pintura 4) Demão muito carregada, retardando a secagem</p>	<p>1) Após secar, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme a especificação técnica 2) Controlar a umidade e temperatura dos ambientes de pintura 3) Usar diluentes de evaporação mais lenta</p>
 <p>Impurezas no filme São defeitos semelhantes minúsculos grânulos que ocorrem aleatoriamente na superfície</p>	<p>1) Impurezas impregnadas na superfície 2) Presença de partículas gelificadas de resinas na tinta 3) Presença de impurezas no ambiente 4) Impregnação de abrasivo</p>	<p>1) Avaliar como está a estabilidade do produto 2) Observar a limpeza do substrato 3) Passar ar comprimido nas peças antes da pintura</p>
 <p>Marcas de lixa Aspecto de riscos no filme de tinta sobre o substrato retratando parcial ou totalmente a peça</p>	<p>1) Uso de lixa de grana muito grossa para o preparo da superfície 2) Uso de ferramentas manuais e mecânicas inadequadamente</p>	<p>1) Corrigir com massa rápida ou poliéster o local 2) Lixar com lixa de grana mais fina 3) Treinamento dos operadores</p>

Identificação	Origens	Correções
 <p>Sedimentação</p> <p>Decantação de substâncias sólidas ou pastosas no fundo das embalagens de difícil homogeneização</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Problema de formulação 2) Produto muito tempo armazenado 3) Tinta diluída e guardada por longo período 4) Excesso de diluição 5) É produto que foi solicitado a sua revalidação? 6) Ambiente de armazenamento inadequado 7) Sedimentação apenas após diluir a tinta? 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Emitir registro de reclamação para o fabricante, solicitando a correção 2) Implantar sistema de utilização sempre do lote mais antigo 3) Diluir de acordo com orientações do fabricante 4) Utilizar produtos revalidados primeiro 5) Implantar melhorias nas áreas de armazenamento 6) Após diluir se ocorrer sedimentação, homogeneizar com mais frequência.
 <p>Diferenças de Espessuras</p> <p>Diferença nas espessuras de tintas aplicadas geralmente geradas em função da geometria da peça</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inabilidade do Pintor 2) Falta de controle de filme úmido, quando aplicável. 3) Uso de tintas eletrostáticas 4) Geometria da peça que gera as diferenças de espessuras 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Após secar, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme a especificação técnica 2) Treinar os Pintores 3) Quando possível adotar o uso de pente úmido

Identificação	Origens	Correções
 <p>Poros</p> <p>Por causa da alta carga de zinco sobre a concentração em volume do pigmento do aglutinante, os revestimentos ricos em zinco são mais porosos do que qualquer outro tipo de tinta</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Evaporação rápida dos solventes; 2) Temperatura ambiente alta. 3) Temperatura de superfície alta; 4) Aplicação de espessura acima do recomendado; 5) Oclusão de ar ou solvente no filme (Tinta etil silicato de zinco); 6) Falta de habilidade do pintor; “<i>Overspray</i>”; uso de diluente errado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Respeitar o Intervalo mínimo entre demãos; 2) Controle das condições ambientais e temperatura da superfície; 3) Selagem adequada das tintas etil silicato de zinco (<i>tie coat</i> ou <i>mist coat</i>); 4) Correto balanceamento dos solventes na tinta e diluente (+ pesado). 5) Lixar superficialmente a superfície e aplicar uma nova demão.
 <p>Empoeiramento (<i>Overspray</i>)</p> <p>Formação de muita nuvem de tinta durante a aplicação, trazendo como consequência após a secagem o aparecimento do aspecto áspero ao passar a mão sobre a peça</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inabilidade do Pintor 2) Ambiente de pintura muito quente 3) Pressão de aplicação muito alta 4) Uso de <i>Thinner</i> inadequado 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Treinar os Pintores 2) Controlar a temperatura ambiente 3) Regular a pressão de aplicação geralmente de 40 a 60 Lb / pol² 4) Diluir conforme recomendação do fabricante 5) Usar <i>Thinner</i> ou diluente de secagem mais lenta 6) Controlar a temperatura do substrato

Identificação	Origens	Correções
 <p>Baixa cobertura Característica de filme aplicado onde aparece o fundo da chapa ou a cor da tinta de fundo (Primer) após a aplicação da tinta</p>	<p>1) Falta de homogeneização da tinta 2) Preparação inadequada, com excesso de diluição 3) Produto inadequado 4) Falta de procedimento na linha de pintura</p>	<p>1) Implantar procedimento na pintura com orientações de uso, manuseio e preparação das tintas 2) Controlar a diluição via medição da viscosidade 3) Comunicar a Fábrica, para que seja avaliada a possibilidade de melhoria da tinta para os próximos lotes a serem fornecidos</p>
 <p>Baixa resistência à lavabilidade Ao tentar remover sujeiras por lavagem com sabão neutro, a tinta se desmancha ou deixa sinais da operação.</p>	<p>1) A tinta não está curada. 2) A formulação não é adequada para ser lavada.</p>	<p>1) Deixar a tinta atingir a cura total antes de lavar. 2) Usar tintas de formulação adequada.</p>
 <p>Manchas (Úmidas ou químicas) Mudança no aspecto da superfície como resultado do contato com a água diretamente sobre o filme ou o substrato, podendo gerar marcas semelhantes a pontos, anéis, manchas ou mesmo diminuição do brilho</p>	<p>1) Contato com umidade ou outro produto antes do seu período de cura total 2) Fixação de sujeiras em áreas de maior porosidade ou de fusão térmica. 3) Efeitos de sais do substrato sobre o veículo da tinta ou sobre os pigmentos/cargas. 4) Produto inadequado 5) Presença de umidade no substrato e ambiente.</p>	<p>1) Após a secagem, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar conforme especificado 2) Observar período após aplicação antes de colocar em contato com produtos químicos ou umidade 3) Rever produto junto ao fabricante 4) Lavar a superfície. 5) Eliminar a causa da umidade no substrato e ambiente.</p>

Identificação	Origens	Correções
 <p>Saponificação A tinta parece mole ou pegajosa, pode acontecer na superfície inteira ou em locais específicos</p>	<p>1) Reação de saponificação entre os componentes das tintas (ésteres, alcalinos e água). 2) Geralmente encontrado em tintas alquídicas e a óleo. 3) Frequentemente encontrado em pinturas em concreto e pinturas em conjunto com proteção catódica</p>	<p>1) Remover a tinta pegajosa onde a saponificação ocorreu 2) Utilizar abrasivos e limpar a superfície 3) Reaplicar as tintas de fundo e de acabamento não saponificáveis</p>

9.4 Ações de prevenção de defeitos antes da aplicação

9.4.1 Explicitação do esquema de pintura

O esquema de pintura deve ser explicitado por escrito contendo o seguinte conteúdo mínimo:

- Preparo da superfície a ser alcançada, definindo grau de limpeza e rugosidade a ser alcançada;
- Especificação das tintas a serem utilizadas;
- Intervalos entre demãos a serem observadas;
- Espessuras por demão das películas de tinta;
- Método de aplicação a serem utilizados;
- Ensaio a serem realizados, durante e após a aplicação, com os respectivos critérios de aceitação ou rejeição.

Deve-se certificar se o esquema de pintura explicitado é adequado às particularidades do meio ambiente, das condições operacionais do equipamento que está sendo pintado e das condições da aplicação (acesso, implicações do jateamento abrasivo etc.)

9.4.2 Qualidade das tintas utilizadas

Deve-se certificar se as tintas a serem utilizadas na aplicação do esquema de pintura estão em conformidade com o especificado. Isto pode ser feito de duas formas. Na primeira, enviar as tintas para o laboratório e através de ensaios, comparar as propriedades das tintas com o especificado. A forma mais adequada e preventiva é efetuar uma qualificação preliminar do fornecedor da tinta.

Nestes casos, exige-se que a tinta venha acompanhada de um certificado de qualidade e eventualmente é enviada ao laboratório para comprovar o atendimento ao especificado.

9.4.3 Treinamento e capacitação do pessoal

Trata-se talvez da ação preventiva mais importante na otimização do desempenho de esquemas de pintura. A aplicação de tintas, apesar de não ser uma atividade complexa, requer cuidados especiais que dependem não só da habilidade do profissional como do conhecimento de uma série de técnicas aplicáveis.

O treinamento e a capacitação do pessoal devem abranger principalmente os jateadores, os pintores, os supervisores ou encarregados de campo e os inspetores de controle de qualidade. O treinamento deve ser teórico e envolver também aspectos de motivação e conscientização para a importância da qualidade.

9.4.4 Elaboração de procedimentos de execução

A ideia da elaboração preliminar deste documento é fazer com que o pessoal responsável pela execução dos trabalhos de aplicação das tintas possa familiarizar-se com os requisitos do esquema de pintura, bem como explicitar detalhadamente como os atenderá. Isto faz com que o pessoal responsável pela execução planeje sua atuação, minimizando a possibilidade de ocorrerem surpresas durante a aplicação das tintas, que possam comprometer a qualidade do esquema de pintura.

Um procedimento de aplicação de tintas deve conter o seguinte conteúdo mínimo:

- Esquema de pintura a ser usado;
- Normas do esquema de pintura a ser usado;
- Condições de recebimento e armazenamento das tintas, abrasivos, etc.;
- Preparo da superfície a ser executado;
- Sequência de aplicação do esquema de pintura, com intervalos de tempo entre demãos;
- Processo de aplicação de cada tinta;
- Tintas a serem usadas, incluindo fornecedores e respectivas referências comerciais;
- Métodos de retoques no esquema de pintura.

9.4.5 Elaboração de procedimentos de inspeção

O procedimento de inspeção deve contemplar o seguinte conteúdo mínimo:

- Definição das etapas da aplicação que serão inspecionadas;
- Definição do procedimento de inspeção de cada etapa;
- Definição da frequência de inspeção de cada etapa;
- Definição da época de inspeção de cada etapa;
- Definição da amostragem e critérios de aceitação ou rejeição a serem observados;
- Definição dos pontos de parada obrigatória para inspeção (*hold points*).

9.4.6 Calibração dos aparelhos e instrumentos de medição e testes

Não há controle da qualidade que seja confiável se é feito com instrumentos não

calibrados periodicamente. As condições de uso, características construtivas dos instrumentos e as condições climáticas são alguns fatores que podem provocar alterações nos instrumentos, que levam a erros de leitura.

Assim, é desejável que os mesmos sejam periodicamente calibrados. Esta periodicidade variará em função dos três fatores anteriormente mencionados. O pessoal de controle de qualidade do aplicador das tintas deve elaborar e implementar um “plano de calibração dos aparelhos e instrumentos de medição e testes”, indicando para cada um:

- Periodicamente da calibração;
- Entidade calibradora, que deve ser credenciada pela Rede Brasileira de calibração (RBC), coordenada pelo INMETRO;
- Procedimento de calibração;
- Padrão de referência;
- Exatidão do aparelho ou instrumento;

9.5 Ações de prevenção de defeitos durante a aplicação

9.5.1 Inspeção visual da superfície a ser pintada

A inspeção é feita visualmente, objetivando identificar a presença de óleo ou graxa sobre a superfície, que devem ser removidos por solvente, além de identificar o estado inicial de oxidação da superfície, que será necessário para avaliar o grau de sua limpeza através de comparação com os padrões das Normas ISO 8.501-1 e SIS 05 59 00. Essa inspeção permite ainda identificar eventuais defeitos superficiais, tais como incrustações de

escória, respingos de soldas e massas, que normalmente necessitam ser removidos.

9.5.2 Avaliação das condições atmosféricas

As condições atmosféricas influenciam todas as etapas do processo de aplicação do esquema de pintura, desde o preparo da superfície até a cura das tintas. Devem ser determinadas as umidades relativas do ar e a temperatura ambiente.

A umidade relativa do ar interfere na limpeza da superfície e na cura das tintas. A superfície, após a limpeza, fica sensível a umidade do ar. Após um jateamento ao metal branco, qualquer contato com o ar úmido provoca oxidação da superfície.

Por isto, é desejável que durante o jateamento seja feito um controle da umidade relativa do ar, procurando somente executá-la quando for inferior a 80%. O controle da umidade relativa do ar é feito normalmente com o higrômetro. Constituem uma exceção a esta regra as tintas de etil silicato de zinco, que curam tanto melhor quanto maior for a umidade relativa do ar.

Recomenda-se seguir a orientação abaixo, durante todo o período de preparo da superfície e aplicação das tintas:

- Umidade relativa do ar que deve ser inferior a 85%;
- Temperatura ambiente que não deve ser inferior a 5°C;
- Temperatura da superfície (medida através de termômetro de contato), que não deve ser inferior a um valor correspondente a 3°C acima do ponto de orvalho (ou 2°C, a que for maior)

e nem superior a 45°C (ou 40°C para as tintas inorgânicas de zinco).

9.5.3 Inspeção de recebimento do abrasivo

A inspeção deve ser feita para cada lote de abrasivo recebido. Avaliando-se o certificado de análise e / ou através da determinação da granulometria. A determinação da granulometria deve ser feita através de ensaio passa-não-passa, em peneiras com aberturas preestabelecidas de acordo com cada abrasivo.

Nota: Norma SAE J444.

9.5.4 Inspeção de recebimentos das tintas

Deve-se exigir do fabricante um certificado de qualidade de cada lote fornecido, cabendo ao usuário confrontar os valores constantes do certificado com os critérios de aceitação previstos na norma ou na especificação da tinta comprada.

A inspeção de recebimento das tintas não deve limitar-se à verificação da sua qualidade. Por exemplo, com relação à embalagem, uma série de verificações deve ser feita:

- Se existe deficiência de enchimento;
- Se o fechamento está correto;
- Se existem problemas de vazamento, amassamento, cortes, falta ou insegurança da alça e marcação deficiente;
- Se está dentro da data de validade de utilização;
- Se há presença de pigmento sedimentado;
- Se há presença de Pele.

Qualquer não-conformidade dentre as verificações citadas deve ser motivo de abertura de registro de reclamação junto ao fabricante da tinta.

9.5.5 Avaliação do grau de limpeza da superfície

Um preparo de superfície deficiente leva o esquema de pintura a problemas de adesão e desempenho. Assim, o pessoal do controle da qualidade deve inspecionar 100% da superfície limpa. A inspeção deve ser visual ou eventualmente com o auxílio de lupa. A luminosidade do ambiente deve ser a mais adequada possível. Verificar o grau de limpeza, antes de efetuar a medição do perfil de rugosidade, deve verificar se a mesma não tem poeira depositada, vestígios de óleo.

9.5.6 Medição do perfil de rugosidade

Um inadequado perfil de rugosidade pode levar a falhas do esquema de pintura por falta de adesão.

9.5.7 Acompanhamento da mistura e diluição das tintas

Apesar das atividades de mistura e diluição das tintas serem tipicamente de responsabilidade do pessoal de execução, ao pessoal do controle da qualidade compete acompanhá-las para certificar-se de que estão sendo conduzidas em conformidade com as recomendações dos fabricantes.

9.5.8 Avaliação do método de aplicação das tintas

À semelhança da mistura e da diluição, a seleção do método de aplicação é uma atividade típica do pessoal de execução, porém compete ao pessoal do controle da qualidade efetuar o acompanhamento.

9.5.9 Ações de detecção de defeitos

Quanto mais cedo qualquer defeito for detectado, menores serão as suas repercussões em termos de gastos com materiais e mão-de-obra, reexecução de trabalhos e lucros cessantes.

9.5.10 Avaliação de eventuais falhas das películas de tinta

Como consequência de deficiências de aplicação, as películas de tinta ficam sujeitas a falhas que podem comprometer seu desempenho. Tais falhas têm origem em uma das seguintes causas, atuando isoladamente ou em conjunto:

- Má qualidade da tinta;
- Método de aplicação inadequadamente selecionado ou utilizado;
- Má capacitação dos aplicadores;
- Interferência das condições climáticas, como ventos, temperatura ou umidade relativa do ar.

Após a aplicação de cada demão de tinta, toda a superfície pintada deve ser inspecionada visualmente ou com auxílio de algum instrumento ótico, para identificar eventual aparecimento das seguintes falhas:

- Poros, normalmente ocasionados por má qualidade da tinta, adição inadequada de solvente ou temperatura de superfície elevada;

- Crateras, normalmente ocasionadas por má qualidade da tinta ou adição inadequada de solvente; são muito frequentes em algumas tintas epóxi de acabamento ou acrílicas;
- Bolhas ou empolamento, normalmente ocasionados por má qualidade da tinta ou adição inadequada de solvente; são muito frequentes em algumas tintas epóxi de acabamento ou acrílicas;
- Fiapos, normalmente ocasionados por seleção inadequada do método de aplicação (bico da pistola, por exemplo), inabilidade do aplicador ou inadequação das condições climáticas, particularmente ventos; são muito frequentes em tintas acrílicas;
- Escorrimento, normalmente ocasionados por diluição excessiva ou deficiência de capitação do aplicador;
- Impregnação de abrasivos, normalmente ocasionados pela execução de jateamento sem que uma tinta anteriormente aplicada tenha alcançado a secagem ao toque;
- Gretamento ou fendilhamento, normalmente observados em tintas inorgânicas de zinco aplicadas em grandes espessuras;
- Enrugamento, normalmente observadas em tintas de alumínio fenólico aplicadas em superfícies com temperatura excessiva;
- Sangramento, normalmente ocasionado quando da aplicação de demão subsequente com incompatibilidade química, em relação à demão anterior ou não-observância do intervalo mínimo entre demãos ou tempo de secagem para repintura.

Não existem critérios precisos para aceitação ou rejeição das falhas anteriormente citadas, até

porque algumas são inevitáveis. Por exemplo, é praticamente impossível a aplicação de tintas sem a ocorrência de qualquer poro. A experiência do inspetor é que, na maior parte das vezes, determina se o defeito é aceitável ou não. Constitui exceção à Norma ASTM-D-714, que estabelece um método para qualificação do empolamento em função do tamanho e da distribuição das bolhas. Com base naquela norma, a Norma da PETROBRAS N-13 aceita empolamento até o tamanho 8, pequena densidade para tintas à base de esmalte epóxi e acrílica.

9.5.11 Medição das espessuras das películas de tinta

Esta é a mais tradicional das ações de controle da qualidade durante a aplicação de um esquema de pintura. A medição da espessura é feita inicialmente com a película úmida durante a aplicação e finalmente com a película seca. Deve ser feita para cada demão de tinta aplicada. A medição da espessura da película úmida é normalmente feita pelo próprio pessoal de execução, pois visa controlar as condições de aplicação, evitando descontinuidades ou consumo exagerado de tinta.

10 CONTROLE DE QUALIDADE

10.1 Responsabilidade pela qualidade

Qualquer que seja a decisão em termos de compra das tintas, é importante que sejam claramente definidas as responsabilidades, para que a qualidade prevista para o esquema de pintura seja efetivamente alcançada.

1. A qualidade da tinta é responsabilidade do fabricante. Para isto, deve ser comprada de um fabricante preliminarmente qualificado, que disponha de um sistema de qualidade implantado na fábrica, como por exemplo, o da ISO 9000;
2. O cliente deve definir, através de uma norma técnica ou qualquer outra especificação, os requisitos de qualidade de tinta a ser comprada;
3. Deve ainda exigir que o fabricante apresente, para cada lote de tinta fornecido, um certificado de qualidade, atestando a conformidade da mesma com seus requisitos;
4. Ao cliente compete ainda efetuar inspeção de recebimento de cada lote de recebido, que pode abranger desde uma simples análise do certificado de qualidade da tinta, até a retirada de amostras para análise a nível de laboratório;
5. A contratação dos serviços de aplicação do esquema de pintura deve ser feita junto a empresas preliminarmente qualificadas;
6. A responsabilidade pelo controle da qualidade da aplicação é do aplicador, que deve elaborar e implantar um sistema de qualidade que assegure que a aplicação seja feita em conformidade com os requisitos do cliente;

7. O pessoal de aplicação e controle da qualidade deve ser preliminarmente avaliado em termos de capacitação técnica.
8. Os principais ensaios realizados no controle da qualidade iniciam no recebimento das matérias primas estendendo-se durante o processo de fabricação de tintas.

Alguns deles podem ser realizados rotineiramente outros ocasionalmente, a depender de sua complexidade. Durante a formulação de uma tinta todos os ensaios devem ser realizados.

10.2 Sólidos por massa (não-voláteis em massa)

Determina em porcentagem, a massa não-volátil da tinta, ou seja, aquilo que permanece após a volatilização, principalmente do solvente. Esta parte não-volátil é constituída pelo veículo, pelos pigmentos e aditivos não-voláteis.

Em linhas gerais, o procedimento consiste em se tomar certa massa de tinta e colocá-la a secar no ar ou em estufa. Decorrido o tempo fixado no método e nas condições descritas, determina-se a massa e, com isso, obtém-se o teor de sólidos por massa pela seguinte expressão:

$$\text{Massa (\%)} = \frac{\text{Massa da película seca (g)}}{\text{Massa da tinta líquida (g)}} \times 100$$

10.3 Sólidos por volume (não-voláteis em volume)

Determina o teor de não voláteis em volume de matéria da tinta, ou seja, o volume de material que não se evapora após a secagem do solvente. Há

vários métodos para a determinação do teor de não-voláteis em volume, dentre eles podemos citar:

- Método de Disco: previsto na Norma ASTM D2697 e PETROBRÁS N-1358;
- Método da Película: previsto na Norma ABNT.

10.4 Massa específica

A determinação da massa específica é feita a temperatura de 25°C, utilizando-se de um picnômetro de alumínio ou latão de volume conhecido, obtida da seguinte forma:

- Determina-se a massa do picnômetro vazio;
- Determina-se a massa do picnômetro cheio, com um volume conhecido de tinta (o volume do picnômetro pode ser previamente determinado com água destilada);
- Determina-se a massa específica que é dada pela diferença de massa entre o picnômetro cheio com o material a ser ensaiado e o picnômetro vazio, dividindo-se o valor por 100, encontrando assim a massa específica expressa em g/cm³.

10.5 Viscosidade

Para boa parte das tintas convencionais, um dos viscosímetros mais utilizados é o Copo Ford de orifício de diâmetro 4, 6 e 8 mm onde o N° 4 é considerado padrão. Consiste em um vaso de capacidade de 100 ml (mililitro) com fundo cônico e um orifício na parte inferior rigorosamente calibrada. Na parte superior o viscosímetro possui uma calha para receber o excesso de tinta.

A viscosidade é o tempo, em segundos, que a tinta leva para escorrer do viscosímetro à temperatura de 25°C. A operação consiste em tapar o furo com um dedo, encher o viscosímetro completamente até que esorra um excesso para a calha, preparar o cronômetro e dispará-lo no instante em que se tira o dedo do orifício. Seu desligamento se faz quando o fluxo da tinta se interrompe.

A viscosidade Ford é uma medida principal das condições reológicas da tinta, isto é, das suas condições de escoamento e de aplicação. O tempo de escoamento, desde o instante em que a tinta começa a fluir até o momento em que o fluxo se interrompe, é medido com um cronômetro e corresponde a viscosidade.

10.6 Consistência

Outro tipo de viscosímetro muito empregado para tintas é o viscosímetro Stormer, que mede o grau de consistência da tinta em unidade Krebs (KU). Consiste em determinar-se o grau de dificuldade de uma haste girar no interior do frasco contendo tinta a 25°C, em um viscosímetro denominado viscosímetro Stormer. A medida da consistência é dada em unidades Krebs (KU) e é constantemente chamada também de viscosidade. Não há uma correlação exata entre as viscosidades “Ford” e Krebs.



Figura 34: Exemplo de viscosímetro Stormer

Outro viscosímetro que mede consistência em diversas rotações é o viscosímetro “Brookfield”. Ele é muito versátil possuindo diversos tipos de palhetas e cilindros, o que permite a medida de uma vasta gama de viscosidades. Por outro lado, fazendo-se medições de viscosidade de um mesmo produto, em baixa e alta rotação, tem-se o seu índice de tixotropia.



Figura 35: Exemplo de viscosímetro Brookfield

Para veículos incolores, resinas e vernizes, geralmente emprega-se o viscosímetro “Gardner” que consiste num conjunto de tubos de medidas

padrões, contendo líquidos com viscosidades certas, classificadas de A-5 até Z-10.

A medida de viscosidade consiste em encher o tubo de medida padrão com o líquido em teste, igualar a temperatura com os demais tubos com líquidos padrões e verificar qual dos tubos com líquido padrão tem viscosidade de deslocamento da bolha de ar igual à da amostra de teste. Exprime-se a viscosidade em letras Gardner.



Figura 36: Exemplo de viscosímetro de Gardner

10.7 Estabilidade/sedimentação

O ensaio consiste em determinar a viscosidade de tinta, submetê-lo ao calor de uma estufa geralmente na temperatura de 60°C, em lata hermeticamente fechada e determinar a viscosidade após resfriamento. Este ensaio mede na verdade a possível instabilidade observada na tinta e que pode resultar inclusive em sedimentação.

10.8 Poder de cobertura

Consiste em se verificar a capacidade do pigmento em ocultar o substrato ou tintas de fundo, aplicadas anteriormente. O poder de cobertura depende da qualidade do pigmento e de seu teor na tinta e grau de dispersão, e é fator preponderante na

determinação da espessura da película para recobrir o substrato ou demãos anteriores. O poder de cobertura é especialmente importante nas tintas de acabamento. Para sua determinação usamos um aparelho denominado “Criptômetro de Pfund” que é composto de duas lâminas, uma branca e outra preta, fixadas numa moldura e unidas uma a outra. Cada uma delas possui duas ranhuras paralelas no sentido do comprimento. Na extremidade direita de cada lâmina temos uma escala milimétrica gravada, que termina no ponto de união delas. O aparelho possui duas lâminas de vidro transparente, cada uma com duas ranhuras semelhantes às dos vidros branco e preto.

Em uma das extremidades do vidro existem dois apoios de aço a altura de 0,002 “chamado de placa 2 e 0,007” chamado de placa 7. Para uma determinação colocamos uma porção de tinta na união das placas. Se a tinta for de tom claro, sua maior parte é colocada no vidro branco e se for de tom escuro o inverso.

Com a placa de vidro 2 ou 7 apoiada sobre as lâminas coloridas, deslocamo-la no sentido do comprimento do aparelho até o momento da tinta ocultar o ponto de união das lâminas preta e branca. Fazemos a leitura na escala graduada lateral, do ponto em que se encontra a extremidade de vidro, oposto dos suportes.



Figura 36: Criptômetro de Pfund com placas unidas

10.9 Finura de moagem (Dimensão das partículas do pigmento)

Esse método determina o grau de moagem dos pigmentos no veículo de uma tinta. Consiste em determinar a eficiência da moagem através do grau de dispersão. As partículas de pigmentos são fornecidas aos fabricantes de tintas com diâmetros da ordem de 5 a 10 μm . Durante a estocagem há uma compactação, formando aglomerados que precisam ser quebrados na moagem.

A determinação de finura de moagem é feita em um aparelho denominado de grindômetro.

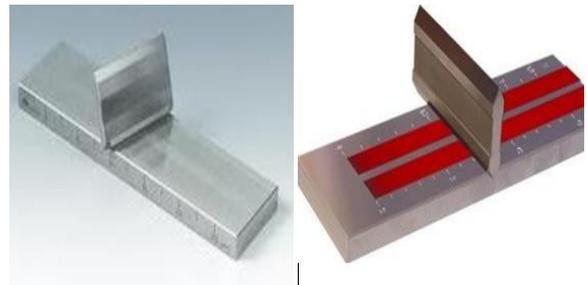


Figura 37: Exemplos de grindômetros

O produto é estendido em um sulco graduado do aparelho. Após extensão da tinta com uma cunha ou raspador, partículas, aglomerados ou ambos são visíveis na superfície da tinta. Observa-se na escala do aparelho Hegmann o nº correspondente do aparecimento das partículas. Chamamos este número de grau de fineza da tinta que pode ser expresso em micrometros ou Hegmann (H).



Figura 38: Exemplo de medidor de fineza da Norma ASTM D1210

Para auxiliar na interpretação do valor lido, deve-se utilizar uma das figuras padrão que acompanham as normas ABNT NBR 7135 e ASTM D 1210.

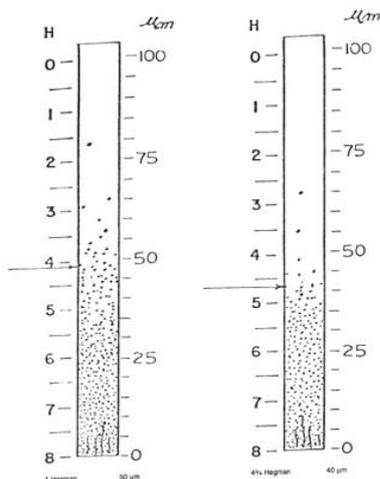


Figura 39: Esquema de escala de fineza da Norma ASTM D 1210

10.10 Natureza da resina

Consiste em determinar a natureza química de resina usando-se a técnica de espectrofotometria infravermelha.

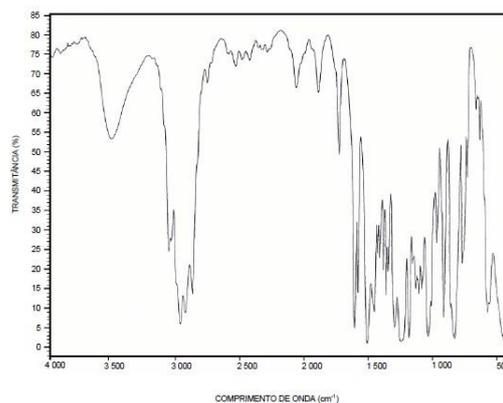


Figura 40: Exemplo de resultado de espectrofotometria da resina epóxi da tinta N-2630

10.11 Dobramento sobre mandril cônico

O método tem como objetivo a verificação da propriedade de acompanhar os movimentos da superfície em que foi aplicada. Consiste na determinação da flexibilidade de uma película seca pela passagem em um mandril cônico que produz um esticamento ou alongamento da chapa e começa a surgir rachaduras a partir do menor diâmetro do cone.

10.12 Aderência (conforme norma ABNT NBR 11003)

Uma das propriedades mais importantes das tintas é a sua aderência ao substrato. A maior parte das características de resistência à corrosão está ligada às propriedades de aderência. Se a tinta não tem aderência satisfatória ao substrato, seu desempenho estará comprometido, chegando, em muitos casos, a se destacar prematuramente, propiciando a propagação da corrosão sob a película. São diversos os métodos para se verificar a aderência das tintas ao substrato e entre as demãos, mas os mais importantes são os descritos a seguir.

Frequência do teste

O teste de aderência deve ser efetuado após decorrido o tempo mínimo de secagem para repintura de cada demão. Sempre que possível, o teste de aderência deve ser realizado em corpos-de-prova (réplicas) representativos da superfície que está sendo revestida. Desta forma, evita-se danificar a pintura aplicada sobre os equipamentos ou estruturas. Caso isto não seja possível, o teste pode ser realizado na superfície que está sendo revestida, desde que, posteriormente, a área danificada seja adequadamente retocada.

Para tintas com espessura de película seca por demão até 70 μm deve-se utilizar o teste de corte em grade (método B), utilizando sempre o dispositivo de corte tipo “C”, mostrado na norma ABNT NBR 11003, cujo intervalo entre gumes é de 2 mm.

Para tintas com espessura de película seca por demão maior do que 70 μm deve-se utilizar o teste de corte em “X” (método A).

Para tintas de fundo ricas em zinco, à base de silicatos, deve-se utilizar o teste de corte em “X” (método A), inclusive nas demãos posteriores, independente da espessura da película seca.

Em tubulações, deve ser realizado, pelo menos, um teste para cada 100 m ou fração do comprimento. Deve ser realizado um número de testes correspondente, em valor absoluto, a 1 % da área total pintada. Por exemplo, para uma área pintada de 25 m^2 (1% de 25 é igual a 0,25) deve ser feito, pelo menos, 1 ensaio de aderência; para uma área de 300 m^2 (1% de 300 é igual a 3), devem ser

feitos pelo menos 3 ensaios de aderência, distribuídos uniformemente por toda a are pintada.

Notas:

1. O critério citado é válido quando a área for pintada pelo mesmo lote de tinta e a pintura executada em um mesmo dia, não sendo permitida a soma destas áreas para efeito da quantificação do número de testes.
2. Quando a pintura for executada utilizando lotes diferentes da mesma tinta e não for executada no mesmo dia, as áreas pintadas devem ser identificadas, mapeadas e inspecionadas separadamente.
3. Deve-se priorizar a realização do teste de aderência em áreas consideradas críticas na estrutura pintada, como por exemplo nas áreas correspondentes à Zona Termicamente Afetada (ZTA) pela soldagem e também em áreas de difícil acesso, nas quais podem haver falhas de pintura.

10.12.1 Método A – Corte em X

Aparelhagem para o Método A – Corte em X

Dispositivo de corte A: lâmina de aço, de aproximadamente 10 mm de largura e ângulo de corte de $19^\circ \pm 2^\circ$.

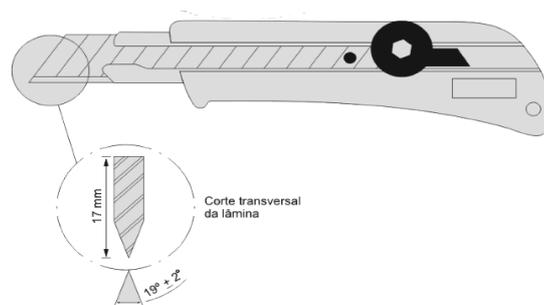


Figura 41: Dispositivo de corte método A

Nota: É importante manter sempre afiadas as bordas cortantes do dispositivo

- a) Fita adesiva com as seguintes características:
- b) Dimensões: largura de 25 mm e espessura de 0,2 mm;
- c) Adesão ao aço: mínimo de 55 gf/mm;
- d) Resistência à tração: mínimo de 4,6 kgf/mm
- e) Medidor de espessura de película seca.
- f) Guia ou gabarito para traçar o corte.
- g) Borracha.
- h) Lupa com aumento de sete vezes.

Execução do teste

1. Selecionar uma área a mais plana possível, livre de imperfeições, limpa e seca.
2. Executar dois cortes de 40 mm de comprimento cada um, interceptados ao meio, formando o menor ângulo entre 35° e 45°, devendo os cortes alcançar o substrato em apenas um movimento uniforme e contínuo.
3. Verificar se o substrato foi atingido, com auxílio de uma lupa com aumento de sete vezes, observando-se o brilho nos cortes.
4. Nota: Caso o substrato não seja alcançado, escolher outro local e executar novos cortes.
5. Remover uma volta completa da fita no início de cada série de ensaios e descartar. Não pode ser utilizada fita com prazo de validade vencido.
6. Remover para o ensaio, de maneira uniforme e contínua, mais 10 cm de fita e aplicá-la no centro da intersecção, na direção dos ângulos menores. Para o ensaio, remover, de maneira uniforme e contínua, 10 cm de fita e aplicar no centro da intersecção, na direção dos ângulos menores.

7. Alisar a fita com o dedo na área das incisões e em seguida esfregar firmemente a borracha no sentido longitudinal da fita para se obter uma uniformidade na transparência da fita aplicada. Remover a fita no intervalo de 1 min a 2 min da aplicação, puxando-a firme e continuamente com uma velocidade de 20 cm/s, em um ângulo tão próximo de 180°, quanto possível.
8. Avaliação: Examinar a área ensaiada, quanto ao destacamento, logo após a remoção da fita, classificando a aderência de acordo com o padrão visual da norma ABNT NBR 11003.

10.12.2 Método B - Corte em grade

Aparelhagem para o Método B – Corte em grade

Deve ser utilizado dispositivo de corte, conjunto de seis gumes com distância de 2mm.

Nota 1 – A cota “b” refere-se ao intervalo entre gumes, o qual deve ser de 2mm.

Nota 2 – A cota “a” refere-se a largura total de corte, a qual deve ser de 10mm.

Nota 3 – O gume do dispositivo de corte deve ser reafiado para 0,05 mm, quando for constatado desgaste que comprometa a confiabilidade do ensaio.

Fita adesiva com as seguintes características:

1. Dimensões: largura de 25 mm e espessura de 0,2 mm;
2. Adesão ao aço: mínimo de 55 gf/mm;
3. Resistência à tração: mínimo de 4,6 kgf/mm

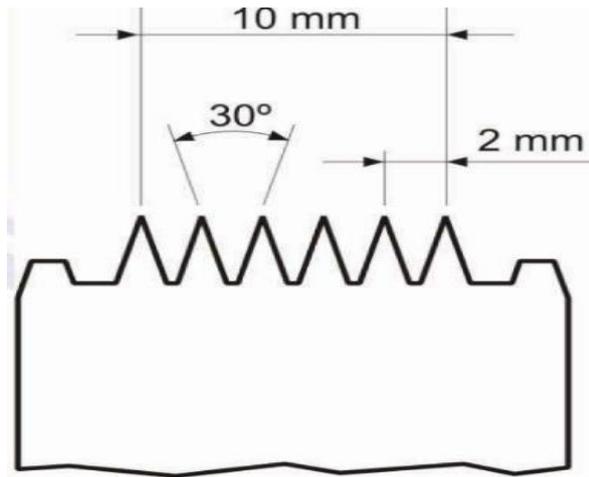


Figura 42: Dispositivo de corte do método B

Execução do teste

1. O método B (corte em grade) é utilizado para espessura de película seca menor que 70 μm .
2. Selecione uma área plana, livre de imperfeições, limpa e seca.
3. Executar os cortes cruzados em um ângulo reto, de modo a alcançar o substrato, formando-se grade de 25 quadrados. Os cortes devem ser feitos com pressão normal e não através de impulsos, através de movimento uniforme e contínuo do dispositivo.
4. Verificar se o substrato foi atingido, com auxílio de uma lupa com aumento de sete vezes.
5. Remover os resíduos provenientes do corte, antes colocação da fita, com auxílio de um pincel com cerdas macias.
6. Remover uma volta completa da fita no início de cada série de ensaios e descartar. Não pode ser utilizada fita com prazo de validade vencido.
7. Para o ensaio, remover, de maneira uniforme e contínua, 10 cm de fita e aplicá-la sobre a área quadriculada em um dos sentidos dos cortes.

8. Alisar a fita com o dedo na área quadriculada e em seguida esfregar firmemente a borracha no sentido longitudinal da fita para se obter uma uniformidade na transparência da fita aplicada.
9. Remover a fita no intervalo de 1 min a 2 min da aplicação, puxando-a firme e continuamente com uma velocidade de 20 cm/s, em um ângulo tão próximo de 180°, quanto possível.
10. Avaliação: Examinar a área ensaiada, quanto ao destacamento, logo após a remoção da fita, classificando a aderência de acordo com o padrão visual da norma ABNT NBR 11003.

10.13 Medição da espessura da película úmida (EPU)

Consiste em determinar a espessura aplicada em μm (micrometro).

Aparelhagem

Jogos de pentes de leitura direta (em aço inox) com resoluções máximas de 5 μm a 25 μm (1mil) e faixas de medição que compreenda a faixa de espessura mínima da aplicação que está sendo executada.

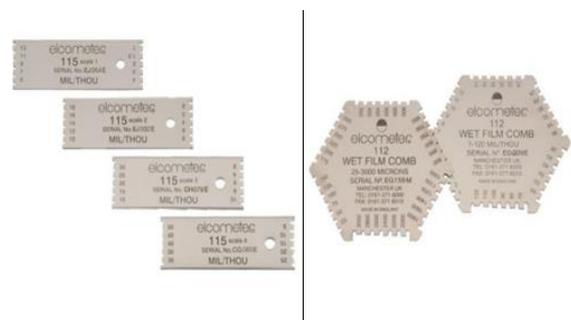


Figura 43: Pentes de leitura de espessura de filme molhado

Frequência do teste

Durante a aplicação da tinta, a espessura de película úmida deve ser criteriosamente

acompanhada pelo inspetor de pintura, de modo a evitar variações inaceitáveis na espessura de película seca. Em tubulações, deve ser realizada, pelo menos, uma medição para cada 10 m ou fração do comprimento.

Deve ser realizado um número de medições correspondente, em valor absoluto, a 20 % da área total pintada. Por exemplo, para uma área pintada de 25 m² (20% de 25 é igual a 5), devem ser feitos, pelo menos, 5 medições de espessura, distribuídas uniformemente por toda a área pintada; para uma área de 300 m² (20% de 300 é igual a 60), devem ser feitas, pelo menos, 60 medições de espessura de película úmida.

Execução do teste

A medida é feita imediatamente após a aplicação, com um pente de aço inox que tem dois pés com o mesmo comprimento e outros com comprimentos variáveis, em forma de escada.

Nota: Observar que o pente deve ser sempre apoiado no sentido longitudinal do equipamento ou tubulação de modo a evitar a influência do raio de curvatura sobre a medição.

O pintor apoia o pente sobre a superfície pintada e verifica qual foi o dente de maior valor que molhou e o primeiro após, que não molhou.

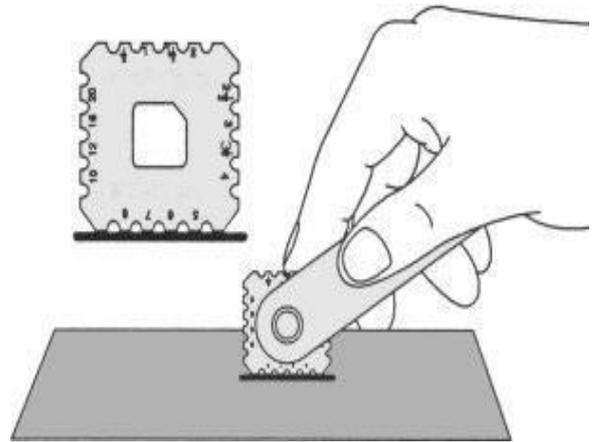


Figura 44: Esquema de utilização do pente de leitura

Imagine que no exemplo acima, 20 µm foi o maior valor que molhou e 30 µm foi o primeiro que não molhou. O valor da espessura é: $(20+30) \div 2 = 25$ µm. Na prática, o pintor lê o valor do maior dente molhado (20 µm). Como a espessura seca (EPS) é especificada, os sólidos por volume (SV) são dados na ficha técnica e a % de diluição (% Dil) efetivamente realizada, é anotada, podemos calcular a espessura úmida:

$$EPU = \frac{EPS \times (100 + \% Dil)}{SV}$$

Exemplo: Se a espessura seca especificada é de 120 µm, o teor de sólidos é de 75 % e a diluição feita na preparação da tinta foi de 20%.

$$EPU = \frac{120 \times (100 + 20)}{75}$$

$$EPU = 192 \text{ µm}$$

Por outro lado, tendo a espessura úmida, o pintor pode calcular a espessura seca que será obtida usando:

$$EPS = \frac{EPU \times SV}{(100 \times \% Dil)}$$

Critério de aceitação

A espessura mínima de película úmida é obtida pelo resultado da divisão da espessura especificada de película seca pelo valor do percentual de sólidos por volume, multiplicado por 100:

$$EPU = \frac{EPS}{SV} \times 100$$

10.14 Resistência à névoa salina

Consiste na exposição de plaquetas pintadas em uma câmara de névoa salina ou salt spray. É o ensaio de corrosão realizado em câmara especialmente preparada onde é pulverizada uma solução de 5% de cloreto de sódio a 40 +/- 1°C. Painéis para ensaio são pintados no sistema de pintura completo e submetidos a exposição na câmara por períodos variados em números de horas. As chapas podem ser cortadas com um “X” passando pelas suas diagonais e atingindo a chapa nua. O ensaio mostra o grau de resistência à corrosão, assim como as condições gerais de permeabilidade e resistência à umidade.



Figura 45: Câmera de nevoa salina

10.15 Resistência à umidade relativa de 100%

Consiste na exposição de plaquetas pintadas em uma câmara com umidade relativa do ar aproximadamente de 100% umidade a temperatura de 40 +/- 1°C. Este ensaio mede a permeabilidade da película durante o período que varia de 24 a 240 horas. Quando a resistência é fraca, ocorre o aparecimento de bolhas (blister).



Figura 46: Câmara úmida saturada

10.16 Resistência ao SO₂

Consiste na exposição de plaquetas pintadas em câmaras de SO₂ (atmosfera ácida). Esse método representa a resistência da película a um gás poluidor presente na maioria das atmosferas industriais. Ele é realizado em câmaras especiais e expresso em rondas em número de 1 a 6.



Figura 47: Câmara de SO₂

10.17 Ensaio de imersão

Consiste em analisar a resistência à imersão em produtos, tais como água salgada, água destilada, solventes, NaOH e outros, determinando-a em dias de exposição ao produto sem apresentar sinais de corrosão aparente. Este método pode ser realizado por imersão de chapas pintadas em água a temperatura ambiente. Os ensaios de imersão medem a permeabilidade da película durante o período que varia de 24 a 1000 horas. Quando a resistência é fraca, ocorre o aparecimento de bolhas (blister). O ensaio com água quente mede uma possível lixiviação dos componentes da tinta. Nos casos de pequenas falhas na resistência aparecem bolhas, e nos de má resistência, remoção das películas.



Figura 48: Exemplo de tanque para teste de imersão

10.18 Ensaio de dureza

Consiste na determinação da dureza superficial de películas de tinta. Há três métodos de determinação de dureza: os métodos Sward e Koning, baseados em pêndulos, e o método Buchholz, baseado em penetração.

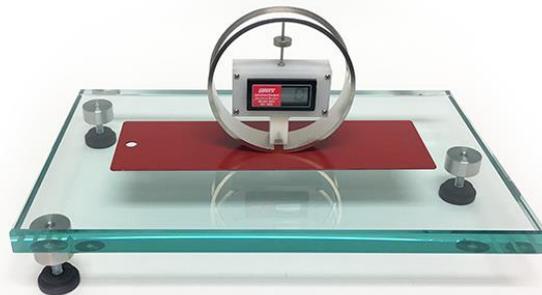


Figura 49: Exemplo de dispositivo para medir dureza pelo método Sward



Figura 50: Exemplo de dispositivo para medir dureza pelo método Buchholz

A dureza das tintas é determinada na grande maioria dos casos pelo método “Sward-Rocker” que consiste em uma roda metálica formada por dois aros que oscilam na película de tinta conforme NBR 5845. Quanto maior a dureza, maior o número de oscilações. Pode-se também determinar a dureza riscando a película com lápis de desenho padronizado, sendo a dureza considerada a do grafite que conseguir marcar a película. As áreas usadas são a série H, que vai até 6H para as películas mais duras e a série B para as mais moles.

6B, 5B, 4B, 3B, 2B, B, HB, F, H, 2H, 3H, 4H, 5H, 6H
← Menor dureza Maior dureza →



Figura 51: Exemplo de dispositivo para medir dureza pelo método do lápis

10.19 Brilho

O brilho da tinta é medido pela quantidade de luz refletida na película, captada por uma célula fotoelétrica que a transmite a um galvanômetro graduado de zero a 100. O aparelho mais comum para essa medição é o “*glossmeter*” com ângulo de inclinação da luz incidente de 60°, adotado para todos os tipos de brilho. Consiste na determinação do grau de reflexão da superfície pintada em relação a padrões.



Figura 52: Exemplo de dispositivo para medir brilho

10.20 Cor

Consiste na determinação da cor por comparação com padrões. Esta comparação deve ser feita em condições de luz apropriadas, de modo a simular os diversos graus de luminosidade. Têm-se utilizado cada vez mais espectrofotômetros computadorizados para determinação e comparação de cores.



Figura 53 Exemplo de dispositivo para determinar cores

O modelo acima é apenas um exemplo de um dos diversos tipos equipamentos projetados para dar rápida, precisa e exata informação de medição de cor em materiais que vão desde papel e tinta aplicada sobre os mais diversos tipos de substratos

10.21 Intemperismo

É realizado tanto ao natural como aceleradamente. No primeiro caso os painéis pintados dentro dos sistemas completos são colocados em uma estante especial, mantidos em ângulos de 45° e voltados para o norte para receber raios solares durante o dia. Estes ensaios são demorados, variando de três meses a alguns anos. Neste período verifica-se o estado da película quanto à desagregação, rachaduras, fissuramento, empolamento, perda de brilho, cor etc.



Figura 54: Local de teste de intemperismos natural da WEG tintas – Piçarras, SC

No teste acelerado emprega-se um aparelho denominado “Weatherometer” no qual os painéis são submetidos à luz produzida por lâmpadas especiais, calor e pulverização com água.



Figura 55: Exemplo de dispositivo que “imita” as condições de ensaio de intemperismo

11 SEGURANÇA

Até meados de 1972, poucas eram as empresas que conheciam e praticavam a Prevenção de Acidentes. O que se via àquela época era a ação de algumas Comissões Internas de Prevenção de Acidentes – CIPAs – que a rigor, se inspiravam nos

modelos americanos para esboçarem os primeiros passos em direção à instituição de Programas de Prevenção de Acidentes que viessem a satisfazer as suas necessidades, contemplando a elaboração de Normas e Regulamentos que viessem a anular os crescentes Riscos impostos pelo avanço tecnológico.

Dentro deste contexto, a partir de 1972 surgiram as primeiras Legislações acerca da Segurança Industrial. Sendo assim já se tinha um Órgão Especializado e constituído, também de profissionais igualmente especializados. Surgiram os Engenheiros de Segurança, Médicos do Trabalho, Enfermeiros do Trabalho, Auxiliares de Enfermagem do Trabalho e os Inspectores de Segurança do Trabalho. Posteriormente classificados como Supervisores de Segurança e atualmente chamados de Técnicos de Segurança do Trabalho.

Atualmente, toda a sistemática de Prevenção de acidentes está fundamentada na atuação destes dois órgãos: os serviços especializados em Segurança e Medicina do Trabalho e as CIPAs.

Aos órgãos de Segurança cabe a Missão de implantar e desenvolver o programa de Previdência de Acidentes, de acordo com as Políticas e Diretrizes traçadas pelas empresas. As CIPAs cabem o papel não menos importante de transformar-se no Braço Forte do Programa de Prevenção de Acidentes, com sua Ação de inspeção e fiscalização.

Como se pode verificar, a atividade está centralizada na Participação. E é tal Participação que promove a descentralização da Responsabilidade, a qual passa a ser de todos.

11.1 Missão da segurança

Ponto importante na implantação de qualquer programa de Prevenção de Acidentes, pois, o caminho mais fácil é aquele que nos conduz ao fato de que o Responsável pela Segurança dos trabalhadores em geral é o Órgão de Segurança

Logo, a Missão é:

“Estabelecer, Compreender, Aconselhar. Impor práticas seguras para prevenir qualquer acidente do trabalho que possa causar ferimentos pessoas, danos ao meio Ambiente e, prejuízos à empresa.”

Na Pintura Industrial a Missão não poderia ser diferente, já que ela está inserida no contexto das atividades de Risco Elevado. Nela, como em qualquer outra atividade, faz-se necessária a participação de todos, e a todos os níveis. Principalmente aquele que tem a seu cargo a Supervisão de determinadas atividades ou tarefas. Qualquer Profissional jamais será qualificado, muito menos especializado, se não levar em consideração a Prevenção de Acidentes.

11.2 Filosofia da segurança

“Os acidentes não acontecem por acaso, eles são causados. Quer sejam por condições inseguras, quer sejam por atitudes incorretas”

Logo, a filosofia baseia-se em que todos os acidentes podem e devem ser prevenidos.

Torna-se necessário que as empresas operem baseadas em que a Segurança dos Trabalhadores é

algo de máxima Importância, paralelamente com: Produção, Vendas e Lucros.

11.3 Estatísticas dos acidentes

- 62% dos Acidentes ocorrem quando as pessoas “cortam caminhos”; não planejam adequadamente as operações; quando estão com pressa; quando são pressionadas para acabar logo suas atividades, com isso, seja por autoimposição, imposição da supervisão ou chefia imediata.
- 41% dos Acidentes ocorrem em função de treinamento inadequado ou feito em local não familiar. .
- 35% dos Acidentes ocorrem por distrações externas como: Tensão, problemas pessoais, Emoções, etc.
- 21% dos Acidentes ocorrem por erro humano, má avaliação ou pânico.
- 21% dos Acidentes ocorrem por condição física deficiente - doenças, fadiga, alcoolismo ou drogas.
- 15% dos Acidentes ocorrem por má conservação de máquinas e equipamentos, por estocagem e guarda inadequada.
- 18% dos Acidentes ocorrem por falha na linha gerencial de engajamento na Segurança, falha de Liderança Gerencial.

11.4 Manuseio de tintas e solventes

Tintas, Vernizes e Solventes por sua constituição básica - são elementos altamente inflamáveis, tóxicos ou corrosivos, capaz de provocar desde uma simples reação superficial, por exemplo, uma alergia, distúrbios passageiros, ou

até mesmo danos irreversíveis a saúde ou a integridade física do Trabalhador.

A simples atividade de abrir uma embalagem de tinta, ou de solvente, já se constitui em um risco na atividade de Pintura Industrial, pois, é a partir deste instante que os Vapores (Inflamáveis, tóxicos ou corrosivos) começam a entrar em contato com o ambiente e, conseqüentemente contaminá-lo. Alguns recipientes podem vir a constituir-se em risco de acidentes. Por sua forma, peso, ou mesmo características da forma de abrir, podem dotar-se de arestas cortantes podendo ferir o trabalhador.

11.5 Cuidados no manuseio de tintas e vernizes

Em caso de fogo envolvendo tintas

- Usar extintor de pó químico, espuma ou CO₂.
- Proteja-se dos gases com equipamentos de respiração
- Não apague o fogo com água, já que os solventes (e resinas) flutuam na água, e isto ajuda a propagação do fogo.

Fogo e explosão

A maioria das tintas contém solventes orgânicos inflamáveis. Os fatores básicos na prevenção são: ventilação adequada e eliminação de chamas expostas, faíscas ou quaisquer outras fontes de ignição.

Derramamentos

Ventilar a área para remover os vapores. Enxugar o produto com material absorvente “sem solvente”. Os materiais de limpeza deverão ser colocados em recipientes metálicos e fechados.

A exposição exagerada a tais produtos conduz a

- Problemas respiratórios, os mais diversos.
- Intoxicações diversas que podem conduzir inclusive, à morte, dependendo do grau de intoxicação.
- Problemas nos rins, fígado, cérebro e outros órgãos vitais.
- Dermatites, as mais diversas.

Contato com olhos e pele

- Usar sempre proteção para os olhos e luvas para as mãos.
- Utilizar roupas de trabalho adequadas, que cubram o máximo possível do corpo.
- Áreas do corpo que sejam difíceis de proteger (pescoço e pulso) devem ter proteção adicional, como, uso de creme não oleoso.
- No caso de contato com os olhos banhe-os imediatamente com água potável, durante pelo menos 10 minutos, em seguida consulte o médico.
- No caso de contato com a pele, limpe-a com um produto de limpeza adequado ou lave-a com água e sabão. Nunca use solvente.

Inalação

- A inalação de vapores de solventes e poeiras de tintas deve ser evitada.
- Espaços ventilados = máscaras contra pó
- Espaços com pouca ventilação = máscara com alimentação de ar externo
- Nunca use pano envolto sobre a boca.

Ingestão

- Sempre armazenar a tinta longe de gêneros alimentícios e fora do alcance das crianças.
- Nunca fume, coma ou beba em depósitos de tinta, ou áreas de trabalho.

- Se a tinta ou solvente for ingerido acidentalmente, deve-se providenciar assistência médica urgente.

Higiene pessoal

- Remova anéis e relógios de pulso, antes de iniciar o trabalho, eles podem reter tinta junto à pele.
- Escolha roupa de trabalho com fibras naturais, as fibras sintéticas quando friccionadas, produzem faíscas, devido à formação de eletricidade estática, que podem provocar a ignição dos vapores de solventes.
- Use somente equipamentos a prova de faíscas e assegure-se de que o mínimo de equipamentos elétricos seja usado na área de trabalho.
- Nunca fume na área de trabalho.
- Use sapatos a prova de faíscas.

Equipamentos de proteção coletiva

A grande preocupação da Segurança e da Engenharia nos tempos atuais são definidos como aqueles que têm como objetivos proteger toda a planta e, principalmente todo o pessoal envolvido na operação. Torna-se importante dar-se atenção: Ventilação do ambiente; aterramento de todos os equipamentos e utensílios; utilização de agitadores pneumáticos; berços para os tambores e recipientes semelhantes.

11.6 Sugestão de roteiro para consciência prevencionista

1. O Local de trabalho deve ser Isolado, Bloqueado, Limpo e Arrumado

Isto minimiza os perigos vindos do exterior, e alerta o pessoal para os riscos potenciais da área. Por outro lado, a arrumação e a limpeza dos locais conduzem a um clima de satisfação do pessoal que chega a facilitar o aprendizado.

2. Separar, Inspeccionar e levar para o local de trabalho somente o que será utilizado no dia

Facilita a arrumação, reduz os custos de transporte, minimiza a quantidade de vapores inflamáveis no ambiente e permite um melhor controle, além de não permitir a acumulação de latas de tintas e Solventes no local de Pintura.

3. Manter todas as latas fechadas e distantes das fontes de ignição

Os recipientes devem permanecer fechados até o momento exato da utilização, para minimizar a evaporação de vapores de solvente. Importante, manter as embalagens a pelo menos 6 metros do compressor de ar ou de outras fontes de Ignição.

4. Para misturar as Tintas só se deve utilizar equipamentos Pneumáticos

Jamais se deverá usar misturadores elétricos, ou equipamentos semelhantes devido produzirem centelhas e, assim sendo, eleva-se o risco de incêndios ou explosões.

5. Ao adicionar o conteúdo de uma lata dentro da outra, em quantidade igual ou superior a um Galão, as duas latas deverão estar aterradas

Durante o manuseio de Tintas, vernizes e Solventes deve-se tomar cuidados específicos,

levando em consideração a produção de energia Estática suficiente para provocar a Ignição dos vapores inflamáveis, principalmente quando o produto é armazenado em grandes recipientes.

6. *Todas as latas de Tintas e outros recipientes vazios deveram ser removidos do local de trabalho ao final de cada dia*

As latas vazias também representam fontes de perigo, devido aos restos de tintas. Retornar com elas ao canteiro e deixar secar bem antes de colocá-las no armazenamento de sucatas.

7. *Todas as latas vazias devem ir para a Sucata*

Não é permitido que as latas vazias sejam queimadas. Geralmente, cada empresa monta um procedimento, orientando para remover o máximo possível das Tintas das embalagens e quando possível usar o Solvente de diluição para lavar a sobra adicionando após a própria Tinta.

8. *Usar os EPI's adequados, quando ocorrer a mistura ou homogeneização da Tinta*

Utilizar máscaras de acordo com o tipo de pintura e ambiente. Proteger as mãos com luvas adequadas, mesmo que somente para manusear as embalagens.

9. *O extintor de incêndio deverá estar próximo*

Para evitar-se a propagação de chamas no caso de as mesmas ocorrer, um extintor deverá ser utilizado para evitar a propagação e maiores danos. O extintor poderá ser portátil do tipo CO₂ ou Pó Químico e estar localizado a cerca de 10 metros do local ou área de manuseio das Tintas

- Máscaras Descartáveis: Protege a respiração naso- oral, tendo adaptador para o nariz e é presa na cabeça por elásticos.
- Máscaras de Cartucho: Com filtro de carvão ativo cambiável. Respiração naso-oral.
- Máscara com Traqueia ou ar mandado: Protege toda a face. A traqueia é conectada com elementos filtrantes a cintura do trabalhador, o qual recebe o ar do exterior com pressão positiva regulável.

11.7 Trabalhos em tanques ou em outras áreas confinadas

Estabelecer critérios de inspeção e de Trabalho Seguro, quando da entrada a execução de serviços no interior de espaços confinados. Compartimentos diversos como: interiores de tanques, áreas internas de tubulações, etc. Como o problema básico da pintura é a evaporação de solventes, inflamáveis e / ou tóxicos, que rapidamente tornam a área inviável para a presença dos trabalhadores e adicionam o risco de incêndios e explosões, faz-se necessário atentar-se para detalhes de ventilação ambiente quando possível visando à proteção coletiva e individual.

Devemos atentar para algumas providências básicas:

1. *Todas as fontes de ignição foram elaboradas?*

- Proibir o uso de operações de corte e solda, uso de abrasivos e o fumar.
- Todo o sistema de iluminação deverá estar em perfeitas condições.
- Todo o equipamento de pintura deverá estar aterrado.

- O sistema de ventilação deverá estar instalado e funcionando.

2. *Todo o pessoal tem o crachá de autorização para trabalho em espaço confinado?*

A entrega do crachá deve ser precedida de uma orientação detalhada quanto aos trabalhos a serem executados, assim como quanto aos riscos envolvidos.

3. *Foi feita uma listagem nominal do pessoal autorizado a trabalhar no espaço confinado?*

Visa facilitar a identificação dos trabalhadores, e como tal, deverá ser providenciados cópias da listagem e entregar aos Supervisores.

4. *Estabelecer sistema de rodízio entre os trabalhadores autorizados*

O tempo médio de permanência no interior de qualquer espaço confinado deverá ser de 30 minutos por 10 de descanso, aumentando ou diminuindo de acordo com as condições do serviço

5. *Providenciar “VIGIAS” para as entradas de todos os espaços confinados.*

Visa evitar a entrada de estranhos e o vigia estará atento para qualquer eventualidade. Sendo inclusive o meio de comunicação entre os trabalhadores e o exterior. Poderá ser feita através de um “Linha de vida”.

6. *Providenciar a Linha de Vida*

Constitui-se de uma corda instalada a partir do exterior e amarrada à cintura de cada um dos

trabalhadores no interior do compartimento confinado.

7. *Espaço confinado está Limpo e Descontaminado*

Proporcionar a condição ideal para o indivíduo dentro do compartimento.

8. *Verificar se os acessos ao interior do tanque e ventilação são adequados*

Todas as aberturas para ventilação, assim como as entradas para os compartimentos, deverão ser de dimensões adequadas, inclusive para possibilitar remoções rápidas do pessoal.

9. *Verificar se o aterramento foi providenciado*

Será ele que irá permitir a dissipação para o solo da eletricidade estática.

10. *Verificar se a Iluminação está adequada*

- Para evitar risco de incêndios ou explosões causados por centelhas, recomenda-se:
- Verificar se fios e cabos elétricos não possuem emendas ou rachaduras.
- Que nenhuma tomada esteja no interior do Tanque.
- Uso de equipamentos elétricos a prova de explosão.

11. *Iluminação de emergência*

No caso de falta de energia, o vigia deverá ter à mão uma lanterna portátil – a prova de explosão – para agir imediatamente. Nestas eventualidades, todos os trabalhadores por orientação prévia, deverão permanecer onde estão,

até que a luz de emergência seja acionada pelo vigia.

Proteção à integridade física do trabalhador

Os vapores de solventes, e as poeiras de tintas, são altamente tóxicos. Durante as atividades de pintura eles podem ser absorvidos – tanto através das vias respiratórias, quanto através da pele.

A exposição exagerada a tais produtos pode conduzir a:

- Problemas respiratórios, os mais diversos;
- Intoxicações diversas que podem conduzir, inclusive, a morte, dependendo do grau de intoxicação;
- Problema nos: rins, fígado, cérebro e outros órgãos vitais;
- Dermatites as mais diversas, eventualmente cancerígenas.

Os problemas acima enumerados, e igualmente importantes, nem sempre produzem os seus efeitos imediatamente. Dependendo das condições físicas do trabalhador, as sequelas podem levar alguns anos para chegarem e se pronunciar e produzirem os seus efeitos maléficos. Enfatizamos que todos – indistintamente – estão sujeitos aos efeitos das tintas e seus vapores: desde o pintor, até os elementos que supervisionam as atividades. Em qualquer situação, lembrar que exposições – por mínimas que sejam – podem conduzir a quadros clínicos alarmantes, dependendo do material em contato, ou da concentração dos vapores no ambiente.

11.8 Equipamentos de proteção individual – EPI

Torna-se importante salientar que todas as medidas de Segurança evidenciadas até o presente momento dizem respeito à Proteção Coletiva, quase que exclusivamente. Entretanto, e via de regra, nem sempre elas são suficientes para dar ao trabalhador toda a proteção que ele necessita.

É nesse ponto que a Engenharia de Segurança volta a sua atenção, para a proteção individual. É nesse que enfatizamos, também, a responsabilidade inerente a cada trabalhador em particular: zelar pela sua própria segurança.

Conforme se espera ter ficado evidenciado, a principal preocupação deve ser a Proteção Coletiva: as máquinas em bom estado; os andaimes bem posicionados e amarrados; a ventilação e a iluminação adequadas; enfim, todos os aparatos relativos ao espaço físico no qual o trabalho é realizado.

Como, apesar de todas essas providencias, poderá persistir o Risco de Acidentes, passa-se a adotar o uso de Equipamentos de Proteção Individual – EPI. Pode-se adiantar a existência de um equipamento específico, para cada atividade também específica. No caso dos serviços de pintura, são vários os equipamentos a serem usados, as operações fundamentais de jateamento, passando-se pelo manuseio de tintas e, finalmente, chegando-se à pintura propriamente dita.

Passamos a expor alguns desses equipamentos, fornecendo as informações acerca da sua utilização:

Capuz ou elmo: Podendo ser usados em conjunto com o avental e as mangas de raspa, protegem o jatinista contra os problemas da sílica e contra os abrasivos. Deverá ser dotado de mangueira para fornecimento de ar. O ar deverá ser filtrado antes de chegar à máscara.



Figura 56: Exemplo de equipamento de proteção do jatinista

Luvras de raspa: com costa e punho de lona. Modelo básico para a proteção do jatinista contra a ação do abrasivo. Quaisquer outros modelos similares poderão ser adotados.



Figura 57: Exemplo de luva de raspa

Luvras em PVC: para uso do pessoal envolvido no manuseio e preparação de tintas. As luvas de

plástico são mais conhecidas, porém, isso não altera as características.



Figura 58: Exemplo de luva de PVC

Máscaras com ar mandado: para serviços de pintura em ambientes confinados. Deverão estar em uso mesmo quando a ventilação for boa. O ar é fornecido por meio de compressores, deverá ser filtrado adequadamente, e o fluxo constante pode ser regulado através da válvula situada à altura do cinto.



Figura 59: Exemplo de máscara com ar moldado

Máscara do tipo descartável: para utilização nos locais onde haja a presença de poeira em suspensão, quer seja de aplicação de tintas em espaço a céu aberto.



Figura 60: Exemplo de máscara descartável

Máscara de cartucho duplo: com fixação por tirantes. Para utilização no manuseio de tintas ou na aplicação das mesmas, quer a céu aberto, quer em espaços semiabertos onde a ventilação seja relativamente boa. Os cartuchos deverão ser trocados periodicamente.



Figura 61: Exemplo de máscara de cartucho duplo

Óculos com proteção lateral: deverá ser usado nas operações em que ocorra a presença de abrasivos.



Figura 62: Exemplo de óculos com proteção lateral

Protetores auriculares do tipo plug: reduzem os ruídos a níveis suportáveis. Deverão ser usados nas operações de jateamento, em função do barulho produzido pelo ar no bico de jato.



Figura 63: Exemplo de protetor auricular

Botina de couro: vulcanizada, com cadarços e com solado antiderrapante. Para uso geral.



Figura 64: Exemplo de botina de proteção

Filtro de ar: a princípio, deveria ser classificado como um Equipamento de Proteção Coletiva. Como deve ser utilizado entre o suprimento de ar para o trabalhador, e o compressor, o mesmo se enquadra como mais um equipamento de proteção individual. O seu uso não deverá ser dispensado em qualquer momento que o trabalhador tenha que usar ar mandado.



Figura 65: Exemplo de filtro de ar

Além dos equipamentos acima, uma ênfase especial deve ser dada ao macacão. Ele deverá ser usado tanto pelo pintor, quando pelo jatista, assim como por quaisquer outros trabalhadores que estejam envolvidos nas atividades de pintura industrial.

As toucas também fazem parte da indumentária do pintor, elas servem para dar proteção a cabeça e ao pescoço do pintor, evitando possíveis irritações e infecções. Finalmente, atenção especial deverá ser dispensada ao cinto de segurança, equipamento que deverá, também, ser usado por todo e qualquer trabalhador, sempre que o mesmo estiver trabalhando em alturas superiores a 2 metros.

Tal equipamento deverá ser dotado de talabarte e mosquetão que permitam a fixação à estrutura ou qualquer outro ponto fixo e próximo ao

pintor. Caso tal ponto não venha a existir, a sua fixação – poderá ser um olhal – deverá ser providenciada a aproximadamente 1 metro acima de onde o trabalhador estiver operando. Nunca deverá estar situado abaixo.

Recomendações quanto ao uso de epi

Em relação aos equipamentos, em particular as máscaras e roupas deve ser tomado alguns cuidados em relação a cada um deles. Jamais se deve permitir que vários trabalhadores utilizem a mesma máscara sem que, antes, ela tenha sido devidamente higienizada após ter sido utilizada pelo trabalhador precedente. Isso poderia conduzir à transmissão de várias doenças apesar de - supostamente - todos estarem em boas condições de saúde.

As roupas de trabalho devem receber um tratamento também criterioso, mantendo-se sempre limpas. Não esquecer que os resíduos de tinta vão se acumulando nas mesmas e que, em consequência disso, elas passam a ser – quase – tão tóxicas quanto as tintas sendo manuseadas. Aconselha-se que sejam lavadas “em separado”, principalmente quando levadas para casa.

Nesse caso, lavar as roupas de trabalho juntamente com as da família, seria o mesmo que estar levando para casa os males que atingem o trabalhador no local de trabalho. Só que, nesse caso, crianças poderão estar sendo afetadas, o que agravaria a situação. Enfatizamos que o uso do EPI é uma necessidade. Entretanto, não deve transformar-se em um meio exclusivo de imagem promocional descabida. Deve-se usar somente o estritamente necessário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACO, Associação Brasileira de Corrosão, **Inspetor de Pintura Nível I**, Rio de Janeiro, Fev de 1988.

CETESB, Nota técnica sobre Tecnologia de Controle – **Indústria de Tintas** – NT-30, 1994

DIAS, LUIS ANDRADE DE MATTOS – **ESTRUTURAS DE AÇO: CONCEITOS TÉCNICAS E LINGUAGEM**, Publicação Zigurate Editora – 1997 – São Paulo.

FAZANO, CARLOS ALBERTO T.V. - **TINTAS - MÉTODOS DE CONTROLE DE PINTURAS E**

SUPERFÍCIES, Hemus Editora Limitada - São Paulo.

FAZENDA, Jorge M. R. (coordenador), **Tintas & Vernizes – Ciências e Tecnologia**, Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas, 3ª ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2005.

GENTIL, VICENTE - **CORROSÃO**, LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.- Rio de Janeiro.

GNECCO, CELSO - **PINTURA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**, Publicação IPT

n. 1558, Instituto de Pesquisas Tecnológicas - São Paulo.

NUNES, Laerce de Paula. LOBO, Alfredo Carlos O. **Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2007.

Conheça as operações
mundiais da WEG



www.weg.net



+55 47 3276.4000

tintas@weg.net

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

Rev: 06 | Data: 02/2022.

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

